

PATRÍCIA MATOS SCHEUER

**CARACTERIZAÇÃO DE CULTIVARES BRASILEIRAS DE TRIGO
COM INDICAÇÃO DE APLICABILIDADE TECNOLÓGICA**

FLORIANÓPOLIS
2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DOS ALIMENTOS

**CARACTERIZAÇÃO DE CULTIVARES BRASILEIRAS DE TRIGO
COM INDICAÇÃO DE APLICABILIDADE TECNOLÓGICA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Mestre em Ciência dos Alimentos.

Patrícia Matos Scheuer

Orientadora: Prof^a Dr^a Alicia de Francisco

FLORIANÓPOLIS
2009

CARACTERIZAÇÃO DE CULTIVARES BRASILEIRAS DE TRIGO COM INDICAÇÃO DE APLICABILIDADE TECNOLÓGICA

PATRÍCIA MATOS SCHEUER

Dissertação aprovada como requisito final para a obtenção do título de Mestre, do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, pela Comissão formada por:

Prof^a Dr^a Alicia de Francisco (UFSC)
Presidente

Prof^a Dr^a Martha Zavariz de Miranda (Embrapa Trigo)

Prof^a Dr^a Edna Regina Amante (UFSC)

Prof. Dr. César Damian (UFSC)

Florianópolis, 26 de novembro de 2009.

À minha família, pelo incentivo, compreensão,
apoio e palavras de sabedoria em todos os momentos.

Aos amigos, pelo compartilhamento,
motivação e momentos de descontração.

Ao Universo, pela abundância e expansão.

AGRADECIMENTOS

A todos aqueles que contribuíram para a concretização de mais um objetivo de minha vida, meu sincero agradecimento. Manifesto especial gratidão às seguintes pessoas e instituições:

1. Universidade Federal de Santa Catarina, pelos conhecimentos adquiridos durante os anos de graduação e pós-graduação.
2. Professora Dra Alicia de Francisco, pela abertura da vaga de Mestrado, pelos contatos na comunidade acadêmica e pela orientação durante o curso.
3. Laboratório de Qualidade de Grãos da Embrapa Trigo, representado pela Pesquisadora Dra. Martha Zavariz de Miranda, pelo imenso apoio.
4. Laboratório de Biotecnologia da Embrapa Trigo, representado pela Pesquisadora Dra. Gisele Abigail Montan Torres, pela oportunidade de contato com novos conhecimentos. À assistente Lucimére de Fátima Morelo Martins Costa, pelo apoio na condução das análises.
5. Embrapa Soja, pela cultivar BRS Pardela, representado pelo pesquisador Manoel Carlos Bassói.
6. Instituto de Tecnologia de Alimentos em Campinas, São Paulo (ITAL), pelas análises reológicas. Em especial ao pesquisador Flávio Martins Montenegro, à pesquisadora Cristiane Rodrigues Gomes e à técnica Sílvia H. S. Biondi.
7. Laboratório de Cereais da Universidade de Passo Fundo, representado pelo Professor Dr. Luiz Carlos Gutkoski, pela disponibilidade no uso do ARV.
8. Laboratório de Físico Química da UFSC, pelo uso do espectrofotômetro.
9. Laboratório Central de Microscopia Eletrônica da UFSC e à presteza da técnica responsável Renata Ávila Ozório, pelas imagens feitas no microscópio eletrônico de varredura.
10. Professor Dr. Paulo Ogliari, pelo compartilhamento dos conhecimentos, por desmistificar a estatística e pelas inúmeras reuniões disponibilizadas.
11. Professor Dr. César Damian e professora Dra. Edna Regina Amante, pelo aceite do convite em participar da banca.
12. Professor Dr. Jorge Luiz Ninow, pela amizade e incentivo à carreira acadêmica.
13. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IF-SC), pelo incentivo e apoio.

14. Técnico Administrativo Sérgio Souza, da UFSC, pela ajuda e incentivo.
15. Funcionários que contribuíram com a limpeza e organização dos ambientes coletivos, especialmente Dona Sônia e seu Bento, pelos sorrisos e presteza incondicionais.
16. Márcia e Carlos Oliver, pelo apoio incondicional e patrocínio da hospedagem em Passo Fundo.
17. Colegas do Laboratório de Cereais da UFSC, pela amizade.
18. Tatiana Oro, por intermediar o contato com a pesquisadora Dra. Martha Zavariz de Miranda.
19. Bruna Mattioni, pelo compartilhamento dos conhecimentos práticos em laboratório.
20. Valéria Limberger, por ter sido uma exímia guia incentivadora da pesquisa; muito obrigada pelo auxílio e pelas informações preciosas.
21. Colegas do RGV, da Agronomia (Neusa, Nicole e Loisi) e do CAL (Bruna S. Jucieli, Stephany, Sabrina, Ana Cláudia, Carla), obrigada pela convivência.
22. Minha família, especialmente minha mãe, pelo incentivo no ingresso do processo, pelo apoio e motivação.
23. Gisele de Felipe, pelo intermédio ao Professor Dr. Daniel Barrera Arellano.
24. Professor Dr. Daniel Barrera Arellano, pela gentileza do transporte das amostras de farinha de Florianópolis a Campinas (ITAL).
25. Professor Dr. Pedro Barreto, pelo reagente iodo cedido.
26. Os amigos Daniela de Carvalho Carrelas, Krischina Aplevicz, Carlise Beddin Fritzen, Cristiane Manfé Pagliosa, Elinete Lima, Fabiana Amaral, Fernando Rocha Goulart, Caio Alexandre Martini Monti, Fabíola Schmitz, Berenice Giehl Zanetti von Dentz, pela amizade e motivação.
27. Todos os colegas e amigos de sala de aula.
28. Os queridos que cuidaram de mim, com sabedoria e bom humor: Cler, com os Florais da Deusa; Amanda e Jeison, da Ideal Fisioterapia; Robbie, da One to One; Regina, do reiki.

Por fim, reitero a todos os acima indicados e também aos que não mencionei, mas que contribuíram para a concretização deste trabalho, o meu muito obrigada.

SCHEUER, Patrícia Matos. **Caracterização de cultivares brasileiras de trigo com indicação de aplicabilidade tecnológica**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009. 128p.

RESUMO

A composição química do grão de trigo afeta suas características funcionais tecnológicas e, juntamente com suas propriedades estruturais e microbiológicas, definem a qualidade da farinha de trigo. Este trabalho teve como objetivo caracterizar amostras de cultivares de trigo e respectivas farinhas, visando indicar sua aplicabilidade tecnológica. As amostras de cultivares de trigo da Embrapa, provenientes da safra 2008, foram: BRS Louro, BRS Timbaúva, BRS Guamirim e BRS Pardela, sendo as primeiras cultivadas em Passo Fundo, RS e a última em Londrina, PR. Para caracterização dessas cultivares foram realizadas nos grãos, as análises físicas de peso do hectolitro (PH), peso de mil grãos (PMG), índice de dureza do grão (ID), umidade (Ug), atividade de água do grão (Awg), e extração da farinha (EXT - na base de 14% de umidade). Nas farinhas obtidas pela moagem experimental foram determinadas proteínas de reserva (gluteninas de alto peso molecular – GAM); realizadas análises de aspectos físico químicos: atividade de água da farinha (Awf), cor (parâmetros L*, a* e b*), granulometria, umidade da farinha (Uf), proteína bruta (PB), fibra alimentar total (FAT), cinzas, lipídeos (Lp), teor de amido e de amilose (Aa); análises de aspectos reológicos: farinografia (parâmetros: absorção de água – ABS, tempo de chegada – TC, tempo de desenvolvimento – TD, tempo de saída – TS, estabilidade – EST, índice de tolerância à mistura – ITM), extensografia (parâmetros: resistência à extensão – R, resistência máxima à extensão – Rm, número proporcional – D, extensibilidade – E, área – A.), número de queda (NQ), propriedades de pasta (em analisador rápido de viscosidade – ARV, parâmetros: viscosidade máxima ou pico de viscosidade – Vmáx, tempo de viscosidade máxima – tARV, viscosidade mínima à temperatura constante de 95°C – Vmín, viscosidade final – Vf, temperatura de pasta ou temperatura de gelatinização – TARV, *breakdown* ou quebra de velocidade – Bd, *setback* ou tendência à retrogradação – Sb); teor de glúten (glúten úmido – GU, glúten seco – GS); teste de panificação experimental; determinação de aspectos microscópicos através de microscopia eletrônica de varredura (MEV). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias obtidas, comparadas pelo teste de Tukey. Adicionalmente, os dados foram submetidos à análise de componentes principais (ACP). A partir da ANOVA constatou-se que o cultivar BRS Louro possui os valores mais baixos, quanto ao conteúdo proteico, à absorção de água, ao tempo de desenvolvimento, tempo de chegada, tempo de saída, estabilidade, resistência, resistência máxima, número proporcional e área, e maior viscosidade máxima. A cultivar BRS Timbaúva apresentou valor inferior à amilose aparente e à tendência à retrogradação, e superior à quebra de viscosidade, quando comparada às demais cultivares. A cultivar BRS Guamirim possui menor valor à quebra de viscosidade. A cultivar BRS Pardela caracterizou-se como sendo significativamente superior às demais cultivares ($p \leq 0,05$), para as variáveis peso do hectolitro e proteína bruta, além de possuir as bandas 5+10 e 17+18, consideradas a melhor combinação de aplicação para panificação. Essa cultivar conta também com o maior valor de índice de glúten, estabilidade e extensibilidade, e o menor índice de tolerância à mistura. A análise de componentes principais, efetuada em cinco agrupamentos diferentes, demonstrou as correlações existentes entre variáveis; houveram correlações positivas entre elas, como peso de mil grãos com extração; proteína bruta com índice de glúten; proteína

bruta com volume específico; proteína bruta com resistência máxima em todos os tempos; amilose aparente com viscosidade mínima; fibra alimentar total com simetria, e houveram correlações negativas, como lipídeos com extração; fibra alimentar total com estabilidade; quebra de viscosidade com fibra alimentar total; quebra de viscosidade com tendência à retrogradação. Na análise de componentes principais observou-se ainda que a cultivar BRS Louro apresentou os menores valores de conteúdo lipídico e de amilose; valor do índice de tolerância à mistura acima da média e valores abaixo da média, para as variáveis viscosidade máxima, temperatura de pasta, tempo para alcançar a viscosidade máxima, viscosidade final, viscosidade mínima e teor de amilose. A cultivar BRS Timbaúva apresentou os menores valores de estabilidade a 90 e a 135 minutos e quebra de viscosidade e que a cultivar BRS Guamirim mostrou valor acima da média para a variável amido e tempo de chegada, e abaixo da média, para cor do miolo, amido e cor da crosta. A cultivar BRS Pardela contou com o maior valor de tendência à retrogradação e com valores acima da média para as variáveis número de queda, índice de glúten, amilose, absorção de água, tempo de chegada e amido, e menores valores para tempo de saída, tempo de desenvolvimento, estabilidade, volume específico, resistência, resistência máxima, área, número proporcional, estabilidade a 45 minutos. Assim, pode-se perceber que houve caracterização com indicação tecnológica com mais coerência entre as análises para as cultivares BRS Louro e BRS Pardela, já que as cultivares BRS Timbaúva e BRS Guamirim apresentaram comportamentos que não permitem direcioná-las à aplicação tecnológica com tanta veemência. Dessa forma, podem-se indicar as cultivares para as seguintes aplicabilidades tecnológicas: BRS Louro para bolos, tortas e biscoitos; BRS Timbaúva para biscoitos, *crackers* e pizzas; BRS Guamirim para produtos de panificação e BRS Pardela para pães e propensão a massas alimentícias.

Palavras-chave: trigo; composição; reologia e panificação.

SCHEUER, Patrícia Matos. **Characterization of Brazilian wheat cultivars for specific end use**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009. 128p.

ABSTRACT

The functional and technological characteristics are dependent on the wheat grain chemical composition. It works together with structural properties and microbiological characteristics defining the wheat flour qualities. Therefore this paper's objective is looking for the technology applicability by the characterization of wheat cultivars and the flours. All wheat cultivars are from Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), harvest of 2008. The samples of the cultivars BRS Louro, BRS Timbaúva, BRS Guamirim were cultivated in Passo Fundo, RS and BRS Pardela was cultivated in Londrina, PR. The physical characterization of the kernels included: test weight, thousand kernel weight, kernel hardness, kernel moisture, kernel's water activity. In the flours obtained by milled grains were determined glutenin's high molecular weight; realized analyses with physical and chemical aspects: flour's water activity, colour (L^* , a^* and b^* parameters), granulometry, humidity, protein, total alimentar fibre, ashes, lipids, starch and amilose content; analyses with rheological aspects: farinography (parameters: water absorption – WA, arrival time – AT, mixing time – MT, departure time – DT, stability – ST, mixing tolerance index – MTI), extensography (parameters: resistance to extension – R, maximum resistance to extension – R_m , proportional number – R/E , extensibility – E, area – A), falling number, pasta properties (rapid visco analyser – RVA, parameters: maximum viscosity – $MaxV$, time to pasting temperature – $tRVA$, minimum viscosity at 95°C – MiV , final viscosity – FV , pasting temperature – $TRVA$, breakdown – Bd , setback – SB), gluten properties (wet gluten – WG, dry gluten – DG), baking test; analyses with microscopical aspects using scanning electron microscope (SEM). The data was subjected to the variance analysis and the averages were compared by the Tukey's test. Additionally, the data was processed with the principal component analysis. From the ANOVA, the BRS Louro cultivar has the lowest value of protein, water absorption, peak time, arrival time, departure time, stability, resistance, maximum resistance, proportional number and area, and the biggest peak viscosity. The BRS Timbaúva cultivar has the inferior amilose apparent and *setback* value and the biggest breakdown value, compared with the other cultivars. The BRS Guamirim has the lowest value for the breakdown. The BRS Pardela cultivar was significantly higher ($p \leq 0,05$) than the others in both test weight and protein. It was the only cultivar that has bands 5+10 and 17+18, which was a better combination for baking. Also, the BRS Pardela cultivar has the biggest gluten index, stability and extensibility and the lowest mixing tolerance index. The principal component analysis was done in five different groups showing the correlations between the variables. There were positive correlations between thousand kernel weight with extraction, protein with gluten index, protein with specific volume, protein and maximum resistance at 45, 90 and 135 minutes, apparent amilose with minimum viscosity, total alimentar fibre with symmetry. There were also negative correlations between lipids with extraction, total alimentar fibre with stability, breakdown with total alimentar fibre, breakdown with setback. The principal component analysis showed that BRS Louro cultivar had the lowest values to lipid and apparent amilose; mixing tolerance index value higher than the average and below average values to peak viscosity, pasting temperature, time to pasting temperature, final viscosity, minimum viscosity and apparent amilose. The BRS Timbaúva cultivar had

the lowest values for stability at 90 and 135 minutes and for breakdown. The BRS Guamirim cultivar had above average values for the starch and arrival time, and below average values for crumb color, starch and crust color. The BRS Pardela cultivar had the biggest value for setback, above average values to falling number, gluten index, apparent amilose, water absorption, arrival time and starch, and the lowest value for departure time, peak time, stability, specific volume, resistance, maximum resistance, area, proportional number, stability at 45 minutes. There were characteristics that can be perceived through technology indication, with coherent analysis results, to the BRS Louro and BRS Pardela. The BRS Timbaúva and BRS Guamirim had behaviors that didn't allow accurate indication for the technology applications. So, it was possible to indicate BRS Louro to make cakes, pies and biscuits; BRS Timbaúva to make biscuits, crackers and pizzas; BRS Guamirim to make baking products; BRS Pardela to make breads and some pasta.

Keywords: wheat; composition; rheology and baking.

SIMBOLOGIA

a*	Coordenada de coordenada de cromaticidadea* (do verde ao vermelho), em colorímetro Minolta
A	Área (energia)
Aa	Amilose aparente
A45	Área a 45 minutos, da extensografia
A90	Área a 90 minutos, da extensografia
A135	Área a 135 minutos, da extensografia
ABS	Absorção de água, da farinografia
ACP	Análise de componentes principais
ANOVA	Análise de variância
Ar	Aroma
ARV	Análise rápida de viscosidade ou propriedades de pasta do ARV (RVA - Rapid Visco Analyser)
Aw	Atividade de água
Awf	Atividade de água da farinha
Awg	Atividade de água do grão
b*	Coordenada de coordenada de cromaticidadeb* (do azul ao amarelo), em colorímetro Minolta
Bd	<i>Breakdown</i> – corresponde à quebra do amido no ARV ou quebra de viscosidade do ARV
Bk	Baking test ou teste de panificação experimental
CC	Característica da crosta, do teste de panificação experimental
CelM	Célula miolo, do teste de panificação experimental
CM	Característica do miolo, do teste de panificação experimental
CorC	Cor da crosta, do teste de panificação experimental
CorM	Cor do miolo, do teste de panificação experimental
D = R/E	Número proporcional, da extensografia
D45 = R/E	Número proporcional a 45 minutos, da extensografia
D90 = R/E	Número proporcional a 90 minutos, da extensografia
D135 = R/E	Número proporcional a 135 minutos, da extensografia
DP	Desvio padrão
E	Extensibilidade, da extensografia
E45	Extensibilidade a 45 minutos, da extensografia
E90	Extensibilidade a 90 minutos, da extensografia
E135	Extensibilidade a 135 minutos, da extensografia
EM	Estrutura do miolo, do teste de panificação experimental
EST	Estabilidade, da farinografia
EXT	Extração de farinha
FAT	Fibra alimentar total
G	Gosto, do teste de panificação experimental
GAM	Glutenina de alto peso molecular (HMW – GS - High Molecular Weight)
GBM	Glutenina de baixo peso molecular (LMW – GS - Low Molecular Weight)
GLU – 1A	GAM localizada no cromossomo 1A
GLU – 1B	GAM localizada no cromossomo 1B
GLU – 1D	GAM localizada no cromossomo 1D
GU	Glúten úmido
GS	Glúten seco

ID	Índice de dureza do grão, a partir do equipamento SKCS
IG	Índice de glúten, em glutomatic
ITM	Índice de tolerância à mistura, da farinografia
L*	Luminosidade (do preto ao branco), em colorímetro Minolta
Lp	Lipídeos
MEV	Microscopia eletrônica de varredura
N	Nulo
NQ	Número de queda (Falling number)
PB	Proteína bruta
PH	Peso do hectolitro
PMG	Peso de mil grãos
Q	Quebra, do teste de panificação experimental
R	Resistência à extensão, da extensografia
R45	Resistência à extensão a 45 minutos, da extensografia
R90	Resistência à extensão a 90 minutos, da extensografia
R135	Resistência à extensão a 135 minutos, da extensografia
Rm	Resistência máxima à extensão, da extensografia
Rm45	Resistência máxima à extensão a 45 minutos, da extensografia
Rm90	Resistência máxima à extensão a 90 minutos, da extensografia
Rm135	Resistência máxima à extensão a 135 minutos, da extensografia
Sb	<i>Setback</i> – corresponde à retrogradação do amido no ARV
SDS-PAGE	Eletroforese em gel de poliacrilamida na presença de dodecil sulfato de sódio
Sim	Simetria, do teste de panificação experimental
T	Temperatura (°C)
tARV	Tempo de viscosidade máxima, em ARV
TARV	Temperatura de pasta, em ARV
TC	Tempo de chegada, da farinografia
TD	Tempo de desenvolvimento da massa, da farigrafia
Tex	Textura
TexM	Textura do miolo
TS	Tempo de saída, da farinografia
UE	Unidades extensográficas
Uf	Umidade da farinha
UF	Unidades farinográficas
Ug	Umidade do grão
VE	Volume específico
Vf	Viscosidade final, em ARV
Vmáx	Viscosidade máxima, em ARV
Vmín	Viscosidade mínima, em ARV

*Preparar o futuro significa
fundamentar o presente.*

Saint Exupéry

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	20
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1 Trigo	23
2.1.1 Produção	23
2.1.2 Identidade	25
2.1.3 Estrutura	26
2.1.4 Composição química	28
2.2 Processamento do trigo	38
2.2.1 Influência do teor proteico e da dureza do grão na qualidade da farinha.....	38
2.2.2 Panificação	40
2.3 Análises reológicas ou físicas	42
2.4 Panificação experimental	42
2.5 Microscopia de alimentos	47
3 MATERIAL E MÉTODOS	49
3.1 Material	49
3.2 Métodos	49
3.2.1 Moagem dos grãos	49
3.2.2 Caracterização física das cultivares	51
3.2.3 Caracterização físico química e de gluteninas das farinhas.....	52
3.2.4 Caracterização reológica das farinhas.....	55
3.2.5 Granulometria.....	55
3.2.6 Panificação experimental ou teste de avaliação do produto.....	
3.2.7 Microscopia eletrônica de varredura das cultivares e farinhas	
3.2.8 Análise estatística	
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
4.1 Caracterização física das cultivares	56
4.2 Caracterização físico química e análise de gluteninas de alto peso molecular de trigo.....	58
4.3 Caracterização reológica das farinhas.....	63
4.4 Caracterização microscópica das cultivares e suas farinhas	78
4.5 Influência dos parâmetros de qualidade nas cultivares.....	81
5 CONCLUSÕES	98
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Corte longitudinal de um grão de trigo.....	28
Figura 2: Tipos de grãos de trigo com diferentes valores proteicos e indicação de produtos obtidos.....	39
Figura 3: Perfil de GAM das cultivares de trigo estudadas.....	62
Figura 4: Curva farinográfica de cada farinha das cultivares estudadas.....	64
Figura 5: Curva extensográfica de cada farinha das cultivares estudadas.....	68
Figura 6: Curvas de viscosidade de cada farinha das cultivares estudadas.....	70
Figura 7A: Características externas dos pães elaborados com cada farinha das cultivares estudadas.Vista superior externa dos pães	74
Figura 7B: Características externas dos pães elaborados com cada farinha das cultivares estudadas.Vista lateral externa dos pães.	74
Figura 8: Vista interna dos pães elaborados com cada farinha das cultivares estudadas.....	77
Figura 9: Microscopia eletrônica de varredura dos grãos das cultivares de trigo.....	79
Figura 10: Microscopia eletrônica de varredura das farinhas de trigo.....	80
Figura 11: Análise de componentes principais, entre caracterização física das cultivares e físico química das farinhas estudadas, glúten e número de queda.....	82
Figura 12: Projeção dos componentes principais, entre caracterização física das cultivares e físico química das farinhas estudadas, glúten e número de queda.....	85
Figura 13: Análise de componentes principais, entre caracterização química das farinhas estudadas, farinógrafo e volume específico.....	86
Figura 14: Projeção dos componentes principais, entre caracterização química das farinhas estudadas, farinógrafo e volume específico.....	88
Figura 15: Análise de componentes principais, entre caracterização química das farinhas estudadas, extensógrafo e volume específico.....	89
Figura 16: Projeção dos componentes principais, entre caracterização química das farinhas estudadas, extensógrafo e volume específico.....	91

Figura 17: Análise de componentes principais, entre caracterização química das farinhas estudadas, ARV e volume específico.....	92
Figura 18: Projeção dos componentes principais, entre caracterização química das farinhas estudadas, ARV e volume específico.....	94
Figura 19: Análise de componentes principais, entre caracterização química das farinhas estudadas e panificação experimental.....	95
Figura 20: Projeção dos componentes principais, entre caracterização química das farinhas estudadas e panificação experimental.....	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Trigo: comparativo de área, produtividade e produção. Safras 2007/08 e 2008/09.....	24
Tabela 2: Trigo: comparativo de área, produtividade e produção. Safras 2008/09 e 2009/10.....	25
Tabela 3: Cultivares padrões usadas nas análises em SDS-PAGE.....	35
Tabela 4: Indicação dos escores de qualidade para subunidades de GAM.....	35
Tabela 5: Caracterização física das cultivares estudadas.....	56
Tabela 6: Caracterização física das farinhas	58
Tabela 7: Composição química das farinhas, de acordo com os métodos da AACC (2000) em base seca, em percentual (%).....	59
Tabela 8: Perfil de GAM das cultivares estudadas.....	62
Tabela 9: Propriedades farinográficas da massa das quatro farinhas de trigo estudadas.....	63
Tabela 10: Propriedades extensográficas da massa das quatro farinhas de trigo estudadas.....	66
Tabela 11: Número de queda das farinhas estudadas.....	69
Tabela 12: Perfil de viscosidade de cada farinha das cultivares estudadas.....	70
Tabela 13: Teor de glúten de cada farinha das cultivares estudadas.....	72
Tabela 14: Tamanho de partícula de cada farinha das cultivares estudadas.....	73
Tabela 15: Panificação experimental: características externas dos pães elaborados com cada farinha das cultivares estudadas.....	73
Tabela 16: Panificação experimental: características internas e organolépticas	76

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice 1: Especificação e quantidade percentual dos ingredientes utilizados no teste de panificação, tendo como referência a farinha de trigo	114
Apêndice 2: Matriz de correlação dos auto vetores da ACP, entre caracterização física das cultivares, físico química das farinhas, glúten, número de queda e volume específico	115
Apêndice 3: Matriz de correlação dos auto vetores da ACP, entre caracterização química das farinhas, farinógrafo e volume específico.....	116
Apêndice 4: Matriz de correlação dos auto vetores da ACP, entre caracterização química das farinhas, extensógrafo e volume específico.....	117
Apêndice 5: Matriz de correlação dos auto vetores da ACP, entre caracterização química das farinhas, ARV e volume específico.....	118
Apêndice 6: Matriz de correlação dos auto vetores da ACP, entre caracterização química das farinhas e panificação experimental	119

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Correção do peso da amostra, com base 14% de umidade.....	121
Anexo 2: Tipificação do trigo, segundo a Instrução Normativa N° 7, de 15 de agosto de 2001.	122
Anexo 3: Classificação de dureza do grão.....	123
Anexo 4: Cultivares de trigo Embrapa indicados para cultivo no Brasil 2008/2009 .	124
Anexo 5: Parâmetros farinográficos característicos de farinhas com diferentes forças	125
Anexo 6: Extensogramas de farinhas com diferentes propriedades viscoelásticas, relacionadas com as características dos produtos correspondentes.....	126
Anexo 7: Avaliação de α -amilase e desempenho da farinha de trigo em panificação..	127
Anexo 8: Classificação da farinha de trigo quanto à qualidade, avaliada pelo índice de glúten.	128

1 INTRODUÇÃO

Os cereais possuem importante papel na alimentação humana, no âmbito da saúde, como fonte de nutrientes e fibras, e, tecnologicamente, devido às variadas formas com que podem ser utilizados para o consumo humano.

Entre os grãos, o trigo ocupa o primeiro lugar em volume de produção mundial (ABITRIGO, 2008) e, no Brasil, a produção anual oscila entre 5 e 6 milhões de toneladas (EMBRAPA, 2009).

Dentre os principais produtos agrícolas brasileiros, o trigo é o que apresenta várias nuances, já que está inserido no aspecto tecnológico de produção, na agregação de renda às propriedades agrícolas, no abastecimento interno do país e nas transações de comércio internacional. Portanto, um produto agrícola de fundamental importância para auxiliar a economia brasileira na substituição de importações, no aumento da pauta de exportações e na contribuição para competitividade do agronegócio brasileiro (EMBRAPA, 2009).

Devido à importância mercadológica e à vasta aplicabilidade do trigo, são cada vez mais incentivadas pesquisas a seu respeito, com o propósito de se implementarem melhorias focadas em determinadas áreas de atuação, como nutrição e saúde, pesquisa e desenvolvimento de novos produtos e ciência e tecnologia.

O trigo é matéria prima para a elaboração de alimentos que fazem parte do hábito alimentar da espécie humana, consumido diariamente sob a forma de pães, biscoitos, bolos e massas. Esses alimentos fazem parte da base da pirâmide alimentar, cujo consumo é incentivado pelo Guia Alimentar da População Brasileira; ou seja, os alimentos à base de trigo fazem parte do grupo com recomendação para serem consumidos em seis porções diárias (BRASIL, 2005a). Isso indica um motivo de estudo relevante quanto ao entendimento de sua caracterização e aplicabilidade, já que é amplamente consumido e indicado para a alimentação.

A área de pesquisa de desenvolvimento de novos produtos a partir da farinha de trigo observa tendências do mercado em relação aos aspectos econômico, social, cultural, político, ecológico e ético, os quais têm sido cada vez mais difundidos no contexto vigente da globalização, na busca de um conjunto de fatores (qualidade, produtividade, preço baixo, praticidade, economia, sabor) que possam potencializar o rendimento agrônomo e econômico das culturas de trigo em todas as regiões aptas para o cultivo deste cereal no

Brasil. Um exemplo disso é que, mesmo sendo a farinha de trigo, a água e a fermentação, os eixos condutores no processo de elaboração de vários alimentos, muitos materiais, ingredientes e tecnologias têm surgido nos últimos 150 anos, principalmente na indústria da panificação, como forma de incrementar a qualidade do produto final, agregar-lhe valor econômico e aumentar a sua produtividade (ARPITA MONDAL, 2008).

No que diz respeito ao trigo, a ciência e a tecnologia englobam estudos relacionados às seguintes áreas: caracterização fenotípica, melhoramento genético, processamento e armazenamento da matéria prima, elaboração de produtos, reologia e qualidade sensorial. Para que seja entendido o comportamento desse cereal mediante esses processos, faz-se necessário o conhecimento básico de seus principais componentes, que são proteínas e carboidratos, pois a especificidade de ambos é determinante na descrição das características desejáveis dos produtos acabados; por isso, é relevante incentivar a produtividade e a melhoria na qualidade tecnológica do trigo brasileiro, de forma a não haver dependência da importação desse insumo.

Portanto, é fundamentalmente importante viabilizar soluções de pesquisa, desenvolvimento e inovação na cadeia produtiva do trigo para a competitividade e sustentabilidade da agricultura em benefício da sociedade (EMBRAPA, 2009).

Nesse contexto, constata-se a importância de estudar e compreender a repercussão da composição química do grão e da respectiva farinha e do comportamento reológico na qualidade tecnológica, pois isso influencia processos e produtos.

Este trabalho teve o intuito de determinar características de amostras das cultivares brasileiras de trigo, da Embrapa, safra 2008, BRS Louro, BRS Timbaúva, BRS Guamirim e BRS Pardela e respectivas farinhas, visando indicá-las à aplicabilidade tecnológica.

As quatro cultivares estudadas possuem como características agronômicas:

- a cultivar BRS Louro possui ampla adaptação, ciclo precoce, boa resistência ao acamamento e potencial produtivo superior a 4000 kg/ha (Embrapa Trigo, 2005);
- a cultivar BRS Timbaúva destaca-se pela rusticidade, rendimento, qualidade física dos grãos, sanidade da espiga e ter ampla adaptação de desempenho agrônômico (Embrapa Trigo, 2005);
- a cultivar BRS Guamirim apresenta ciclo precoce, porte baixo, intensa capacidade de afilamento com elevado potencial de rendimento de grãos e boa resistência geral às doenças (EMBRAPA, 2009);

- a cultivar BRS Pardela possui ciclo precoce, boa resistência ao acamamento, ampla adaptação, média de produtividade de 4000 kg/ha, boa resistência ao oídio e à ferrugem (EMBRAPA, 2009).

Dentre os objetivos específicos do presente estudo, estão:

- caracterizar fisicamente as cultivares estudadas;
- caracterizar físico quimicamente as farinhas produzidas, a partir das cultivares estudadas;
- analisar reologicamente as farinhas produzidas, a partir das cultivares estudadas;
- analisar a microestrutura das cultivares e respectivas farinhas;
- indicar a aplicabilidade tecnológica para cada amostra estudada.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Trigo

2.1.1 Produção

O trigo é uma das três culturas mais importantes do mundo, em termos de área cultivada (CURTIS; RAJARAM; MACPHERSON, 2002), e em mais de 40 países constitui a base da alimentação humana, o que corresponde a aproximadamente 35% da população mundial (TORRES, 2008).

Em 2008 a produção tritícola mundial alcançou 610,2 milhões de toneladas, numa área plantada de 218,2 milhões de hectares, havendo destaque para União Européia, o maior produtor mundial de trigo, participando com 119,4 milhões de toneladas, numa área de 24,7 milhões de hectares (USDA, 2009).

O Brasil, dentre os países em desenvolvimento, destaca-se como o maior importador de trigo, com cerca de 6 a 7 milhões de toneladas por ano (POPPER; SCHÄFER; FREUND, 2006).

Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2009), a estimativa de área brasileira cultivada com trigo totaliza 2.433,9 mil hectares, para a safra 2008/2009, superior à plantada na safra 2007/2008 em 0,4% (2.423,3 mil hectares). De acordo com a Associação Brasileira da Indústria do Trigo - ABITRIGO (2008), há dois motivos para essa extensão no cultivo do trigo. Primeiro, a sua alta versatilidade, crescente em todos os continentes e com largo alcance de cultivares adaptadas para condições locais. Segundo, as propriedades únicas das farinhas de trigo e massas, permitindo um processamento de ampla gama de alimentos, incluindo pães fermentados, que não podem ser feitos com outros cereais.

Esse incremento deve-se ainda à expectativa de preços futuros remuneradores, causados principalmente pelo aumento da demanda e redução dos estoques mundiais, pela suspensão das exportações argentinas para o Brasil, pela elevação do preço mínimo de garantia do governo (CONAB, 2008) e pelo apoio dos programas governamentais (FAO, 2008).

Para a safra 2008/2009, a estimativa da produção nacional de trigo é de 5,2 milhões de toneladas de grãos, sendo 13,1% inferior à safra de 2007/2008, que foi de 6,0 milhões de toneladas (CONAB, 2009a). Isso acontece porque, para a produtividade, foi considerada

a média dos últimos cinco anos, excluindo-se assim os anos atípicos, como o da safra de 2007/2008, em que as boas condições climáticas durante os ciclos das lavouras e a alta utilização da tecnologia possibilitaram uma maior produtividade da cultura.

No Brasil, o trigo é cultivado nas regiões Sul (RS, PR, SC), Sudeste (MG e SP) e Centro-oeste (MS, GO, DF), sendo que cerca de 90% da produção nacional está no Sul do Brasil (EMBRAPA, 2008a), principalmente no Estado do Paraná (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1 Trigo: comparativo de área, produtividade e produção. Safras 2007/08 e 2008/09.

REGIÃO/UF	Área (Em mil ha)			Produtividade (Em kg/ha)			Produção (Em mil t)		
	Safra 07/08 (a)	Safra 08/09 (b)	Var % (b/a)	Safra 07/08 (c)	Safra 08/09 (d)	Var % (c/d)	Safra 07/08 (e)	Safra 08/09 (f)	Var % (e/f)
CENTRO-OESTE	45,1	68,2	51,2	2.284	2.449	7,2	103,1	167,0	62,0
MT	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MS	31,7	46,2	45,7	1.261	1.462	16,0	40,0	67,5	68,8
GO	10,5	19,1	81,9	4.562	4.413	(3,3)	47,9	84,3	76,0
DF	2,9	2,9	-	5.225	5.246	0,4	15,2	15,2	-
SUDESTE	55,3	99,9	80,7	2.679	2.654	(0,9)	148,2	265,1	78,9
MG	11,3	20,3	80,0	4.390	4.709	7,3	49,6	95,6	92,7
SP	44	79,6	80,9	2.240	2.130	(4,9)	98,6	169,5	71,9
SUL	1751,4	2.255,2	28,8	2.196	2.476	12,8	3.845,8	5.583,5	45,2
PR	821,3	1.152,3	40,3	2.340	2.778	18,7	1.921,8	3.201,1	66,6
SC	81,7	122,6	50,1	2.490	2.641	6,1	203,4	323,8	59,2
RS	848,4	980,3	15,6	2.028	2.100	3,6	1.720,6	2058,6	19,6
NORTE/ NORDESTE	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BRASIL	1.815,8	2.423,3	30,9	2.121	2.482	12,2	4.097,1	6.015,6	46,8

Fonte: CONAB – Levantamento: abril/2009. Onde: % de variação = $100 - [(área\ safra\ 08/09 / área\ safra\ 07/08) * 100]$

Tabela 2 Trigo: comparativo de área, produtividade e produção. Safras 2008/09 e 2009/10.

REGIÃO/UF	Área (Em mil ha)			Produtividade (Em kg/ha)			Produção (Em mil t)		
	Safra 08/09 (a)	Safra 09/10 (b)	Var % (b/a)	Safra 08/09 (c)	Safra 09/10 (d)	Var % (c/d)	Safra 08/09 (e)	Safra 09/10 (f)	Var % (e/f)
CENTRO-OESTE	68,2	68,2	-	2.449	2.463	0,6	167,0	167,9	0,5
MS	46,2	46,2	-	1.462	1.462	-	67,5	67,5	-
GO	19,1	19,1	-	4.413	4.463	1,1	84,3	85,2	1,1
DF	2,9	2,9	-	5.246	5.246	-	15,2	15,2	-
SUDESTE	99,9	101,3	14	2.654	2.731	2,9	265,1	276,7	4,4
MG	20,3	21,7	6,9	4.709	4.482	(4,8)	95,6	97,3	1,8
SP	79,6	79,6	-	2.130	2.254	5,8	169,5	179,4	5,8
SUL	2.255,2	2.264,4	0,4	2.476	2.111	(147)	5.583,5	4.780,5	(14,4)
PR	1.152,3	1.161,5	0,8	2.778	2.262	(18,6)	3.201,1	2.627,3	(17,9)
SC	122,6	122,6	-	2.641	2.410	(8,7)	323,8	295,5	(8,7)
RS	980,3	980,3	-	2.100	1.895	(9,8)	2.058,6	1.857,7	(9,8)
BRASIL	2.423,3	2.433,9	0,4	2.428	2.147	(13,5)	6.015,6	5.225,1	(13,1)

Fonte: CONAB – Levantamento: abril/2009. Onde: % de variação = $100 - [(área\ safra\ 09/10 / área\ safra\ 08/09) * 100]$

O plantio da safra do trigo brasileiro inicia-se no mês de abril, com os primeiros cultivos ocorrendo nos Estados do Paraná, Mato Grosso do Sul e nas áreas irrigadas de Minas Gerais, Goiás e Distrito Federal; o encerramento verifica-se no Estado do Rio Grande do Sul, no sul do Paraná e, em Santa Catarina, no mês de junho, podendo se estender até meados de julho (CONAB, 2009a).

No Brasil, o consumo de trigo é incentivado pela sua utilização como matéria prima na elaboração pães, bolos, biscoitos e massas, alimentos consumidos diariamente e que participam da base da pirâmide dos alimentos (BRASIL, 2005a).

2.1.2 Identidade

A palavra “trigo” provém do vocábulo latino *triticum*, que significa quebrado, triturado, numa referência à atividade que se deve realizar para separar o grão de trigo da camada que o reveste. O termo “trigo” destina-se tanto à planta como às sementes comestíveis dela originadas (LÉON, 2007).

O trigo, pertencente à família *Poaceae*, sub-família *Pooideae* e ao gênero *Triticum*, é classificado em diferentes espécies, conforme o número de cromossomos: *Triticum monococcum* com 14 cromossomos, *Triticum durum* com 28 cromossomos e *Triticum*

aestivum com 42 cromossomos (POPPER; SCHÄFER; FREUND, 2006), este último, o trigo comum.

Segundo a legislação brasileira, vigente em 2009, as cultivares de trigo estão classificadas em cinco classes, de acordo com valores de alveografia (força do glúten) e de número de queda: Trigo Brando, Trigo Pão, Trigo Melhorador, Trigo para Outros Usos e Trigo Durum; e em três tipos: 1, 2 e 3, definidos em função do limite mínimo de peso do hectolitro e dos limites máximos percentuais de umidade, de materiais estranhos e impurezas e de grãos danificados (BRASIL, 2001).

As diferentes variedades se distinguem pela altura das plantas, produtividade, conteúdo de endosperma, proporção de proteínas na farinha, qualidade da proteína, resistência às diversas doenças, adaptabilidade a solos ácidos, requerimentos climatológicos, e pela aparência física (ABITRIGO, 2008). A relação existente entre esses diversos fatores ambientais e os diferentes genótipos repercute nas propriedades funcionais (GEORGET et al., 2008) e, principalmente, na qualidade de processamento do trigo, como moagem e elaboração dos produtos (CARCEA et al., 2006), mais especificamente com relação à variação do grau de elasticidade do glúten, o que afeta, particularmente, a fermentação dos pães (SHEWRY et al., 1998).

O peso de mil grãos pode ser utilizado para classificar o trigo, já que grãos de tamanho excessivo não são desejados pela indústria, pois podem provocar perdas, devido às dificuldades de regulação dos equipamentos de limpeza e moagem; e em contrapartida, grãos pequenos podem passar pelas peneiras de limpeza e causar perdas na produção de farinha, pela diminuição da quantidade de trigo moído (GUARIENTI, 1996, apud GUTKOSKI et al., 2007).

2.1.3 Estrutura

Estruturalmente, o grão de trigo é um cariópse, ou seja, possui semente única (HOSENEY, 1991), com 6 a 8 milímetros de comprimento e 3 a 4 milímetros de largura, onde o gérmen e os tricomas se encontram, em extremidades opostas (QUAGLIA, 1991). Quando observado na superfície dorsal, pode ser reconhecido em três formatos: redondo, ovóide e alongado (WRIGLEY, 2005). A presença de um sulco ao longo de praticamente toda a extensão longitudinal da parte ventral (lado oposto ao gérmen) (HOSENEY, 1991) dificulta a extração da farinha apenas com processo abrasivo, utilizado para eliminar as

camadas externas ao endosperma e, por isso, opera-se com sucessivas triturações (CHEFTEL; CHEFTEL, 1992).

O grão de trigo é constituído, basicamente, por pericarpo (7,8 a 8,6%), endosperma (87 a 89%) e gérmen (2,8 a 3,5%) (QUAGLIA, 1991), (Figura 1).

O pericarpo é rico em fibras e sais minerais (ATWELL, 2001). Constitui a camada mais externa e protetora do grão (POPPER; SCHÄFER; FREUND, 2006) e é formado por células intermediárias, células cruzadas e células tubulares. Há também a camada de aleurona, que envolve o grão por completo, inclusive o endosperma e o gérmen (HOSENEY, 1991).

O endosperma consiste numa matriz proteica, onde estão inseridos grande número de grânulos de amido (HADDAD et al., 2001), ou seja, o endosperma constitui a farinha de trigo propriamente dita (HOSENEY, 1991).

Essa constituição estrutural anatômica do endosperma caracteriza a textura do trigo em duas propriedades: vitreosidade e dureza (HADDAD et al., 2001). A vitreosidade é o fator visual determinado pelas condições de crescimento (como temperatura, água e nitrogênio disponíveis) e que se refere ao grau de compacticidade do endosperma. A dureza (grau de resistência à deformação) é o parâmetro físico definido por fatores genéticos (HOSENEY, 1987 apud EL-KHAYAT et al., 2006; GREFFEUILLE et al., 2007). A dureza é um aspecto muito importante a ser considerado no processo de moagem do grão, pelo fato de ser determinante das características de qualidade (SYMES, 1961 apud EL-KHAYAT et al., 2006), o que tem efeito subsequente em fatores como o condicionamento do grão pré-moagem, o tamanho da partícula da farinha, a quantidade de amido resistente, a absorção de água e a razão de extração durante a moagem (HOSENEY, 1987, apud EL-KHAYAT et al., 2006).

Como último constituinte, há o gérmen, que constitui de 2 a 3 % do peso do grão (GREER, 1971, apud MARQUART; SLAVIN; FULCHER, 2002), a parte embrionária da planta, onde se encontra grande parte dos lipídeos e dos compostos fundamentais à germinação do grão (ATWELL, 2001).

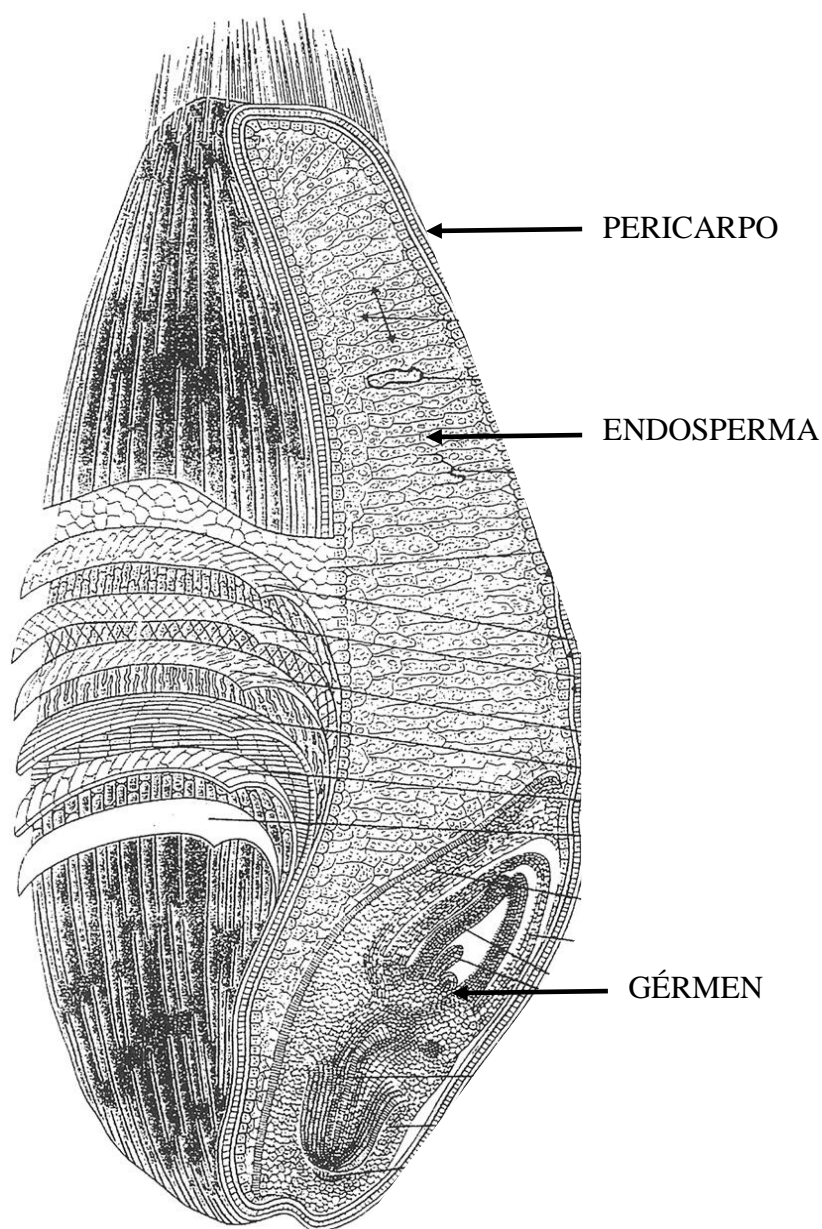


Figura 1 Corte longitudinal de um grão de trigo.

Fonte: Adaptado de Wheat Flour Institute, apud HOSENEY (1991).

2.1.4 Composição química

A composição química do grão de trigo afeta suas características funcionais e tecnológicas e, juntamente com as propriedades estruturais e a população microbiológica, define a qualidade da farinha de trigo (MOUSIA et al., 2004). As interações complexas existentes entre os genes que controlam a composição dos constituintes do grão determinam a qualidade do trigo (MANN et al., 2009).

De forma geral, a farinha de trigo é composta principalmente por amido (70 a 75%), água (12 a 14%), proteínas (8 a 16%) e outros constituintes menores, como polissacarídeos não amiláceos (2 a 3%), lipídeos (2%) e cinzas (1%). Assim, as quantidades e as diferentes características das composições, a partir de diversas cultivares, influenciarão a qualidade da farinha de trigo (MORITA et al., 2002). Por isso, como forma de facilitar a compreensão do comportamento do trigo nos processos tecnológicos, é importante conhecer os principais constituintes do grão.

Umidade

O conteúdo de água do grão representa um índice comercial importante, pois influencia seu peso específico, rendimento de moagem, conservação e características tecnológicas (QUAGLIA, 1991). Um exemplo disso é a influência que as condições climáticas exercem durante a colheita, e a influência que as condições de umidade do ambiente, durante a estocagem, exercem sobre a quantidade de água a ser adicionada na elaboração de um determinado produto (POPPER; SCHÄFER; FREUND, 2006).

A água disponível é, provavelmente, o fator mais importante a afetar a germinação, o crescimento da planta e o desenvolvimento de fungos em substratos ricos em nutrientes (MAGAN; LACEY, 1988). Assim, os limites de umidade caracterizam-se como aspectos importantes para conservação do grão e da farinha e para a respectiva comercialização (MIRANDA; DE MORI; LORINI, 2008). O segundo fator mais importante é a temperatura.

A influência da atividade da água e da temperatura, no crescimento de fungos e na produção de micotoxinas (NOUREDDINE; KIM; STRELKOV, 2009) deve ser considerada como forma de preservar as características dos grãos.

Carboidratos

Segundo o Guia Alimentar da População Brasileira, os carboidratos devem estar presentes na alimentação humana diária (BRASIL, 2005a), por serem os componentes que contribuem com 50 a 70% de energia da dieta (COPELAND et al., 2009).

Eles podem ser classificados em duas grandes categorias: os disponíveis e os não disponíveis. Os carboidratos disponíveis são digeridos e absorvidos pelos humanos, o que inclui o amido (não resistente) e os açúcares solúveis (SOUTHGATE, 1991 apud DEWETTINCK et al., 2008).

Os carboidratos, ou glicídeos, constituem cerca de 72% do peso do grão de trigo (QUAGLIA, 1991) e são formados por 60 a 68% de amido, 6,5% de pentoses, 2 a 2,5% de celulose e 1,5% de açúcares redutores. O amido é produzido nos amiloplastos e é constituído basicamente por polímeros de α -D-glicose: a amilose e a amilopectina (HOSENEY, 1991).

O amido de trigo comum está presente cerca de 25% na forma de amilose (ATWELL, 2001), é um polímero linear, unido através de ligações α -D-1,4, com peso molecular de aproximadamente 10^5 - 10^6 , correspondendo a um grau de polimerização de 1000 a 10.000 unidades de glicose; apesar do baixo grau em ramificações, tem a tendência de formar agregados semi-cristalinos insolúveis (COPELAND et al., 2009). Isso a caracteriza como responsável pela absorção de água e pela formação de géis que originam redes tridimensionais (CHEFTEL; CHEFTEL, 1992), o que gera interesse para a indústria de processamento de alimentos, por ser grande potencial na modificação da textura e da qualidade dos produtos elaborados (HUNG; MAEDA; MORITA, 2006). A forma helicoidal da amilose, na presença de iodo, produz coloração azul, que é também uma maneira de detecção de amido (GIBSON; SOLAH; McCLEARY, 1997).

A amilopectina é um polímero ramificado complexo, unido através de ligações α -D-1,4 e, nos pontos de ramificação, por ligações α -D-1,6 (CHEFTEL; CHEFTEL, 1992). Está presente na maioria dos amidos, de 60 a 90%; tem peso molecular de aproximadamente 10^8 e grau de polimerização, que excede 1 milhão (COPELAND et al., 2009). As cadeias de amilopectina com mais de 10 unidades de glicose são organizadas em dupla hélice que, por sua vez, pode ser encontrada em dois tipos polimórficos, A e B (MANNERS, 1989).

O tipo A é tipicamente encontrado no amido de cereais como, por exemplo, no trigo (SARKO; WU, 1978), além de ter formato lenticular e possuir diâmetro com cerca de 20 μ m. O tipo B tem formato esférico e diâmetro inferior a 10 μ m (ROJAS et al., 2000, apud LÉON, 2007), além de apresentar a estrutura mais aberta e com maior número de moléculas de água por unidade celular, como no caso da batata (SARKO; WU, 1978). Essas características do grânulo de amido o definem como birrefringente, ou seja, com a incidência da luz polarizada do microscópio é possível visualizar nele a Cruz de Malta (ATWELL, 2001).

Para se verificar como é a interação entre a amilose e a amilopectina, e se obterem estimativas de espessura das regiões cristalinas, têm sido feitas pesquisas utilizando técnicas combinadas, como difratometria de raio X e espectroscopia de dispersão de íons,

como forma de estudo da organização molecular existente nos grânulos de amido (VERMEYLEN et al., 2006).

A estrutura e as propriedades dos grânulos de amido diferem de acordo as espécies botânicas. Os grânulos são semi-cristalinos, ou seja, têm partes cristalinas e regiões amorfas, que contêm longas cadeias de moléculas de proteínas, somadas à amilose e à amilopectina ramificadas (FRENCH, 1984, apud RODER et al., 2009).

Quando um tratamento térmico é dado ao amido, dependendo das condições físicas (temperatura) e do conteúdo de água, as características e as propriedades dos grânulos são afetadas (BOGRACHEVA et al., 2002), o que repercute na reologia do produto (COPELAND et al., 2009). Por exemplo, enquanto a amilopectina contribui para absorção de água, expansão e propriedades de pasta dos grânulos de amido, a amilose e os lipídeos nele presentes têm a tendência de retardar esses processos (TESTER; MORRISON, 1990).

Segundo Mestres (1996), as propriedades funcionais e nutricionais do amido são, em grande parte, devidas ao estado físico do alimento, que muda durante o seu preparo. Com a cocção, o amido nativo transforma-se em uma pasta e depois, com o resfriamento e armazenamento, em um gel.

Na presença de umidade e posterior resfriamento, a maioria dos amidos consumidos sofre algum processo envolvendo aquecimento, durante o qual os grânulos de amido são gelatinizados, perdendo a cristalinidade e a organização estrutural. Com o resfriamento, a desagregação das moléculas forma um gel que retrograda gradualmente a um agregado semicristalino, diferente do grânulo inicial (COPELAND et al., 2009).

A gelatinização ocorre quando o amido é aquecido na presença de umidade suficiente; os grânulos absorvem água e incham, e a organização cristalina é irreversivelmente rompida (COPELAND et al., 2009). Retrogradação é um termo utilizado para descrever as mudanças que ocorrem no amido gelatinizado sujeito ao resfriamento e à estocagem, em que há um novo arranjo molecular favorecendo uma estrutura mais ordenada, podendo ser desenvolvida nova forma cristalina. O nome retrogradação é dado porque o amido volta à sua condição de insolubilidade em água fria (MESTRES, 1996).

As mudanças que ocorrem nos grânulos de amido, durante a gelatinização e a retrogradação, são os principais determinantes do comportamento reológico desses amidos; elas têm sido medidas principalmente pelas mudanças de viscosidade durante aquecimento

e resfriamento de dispersões de amido, usando-se para isso, por exemplo, equipamentos como o analisador rápido de viscosidade (ARV) (MESTRES, 1996).

Polissacarídeos não amiláceos é um termo genérico utilizado para alguns polissacarídeos que diferem da amilose e amilopectina, como arabinoxilana, β -glucana, celulose e peptídeos arabinogalactanas (HENRY, 1985), ou seja, são carboidratos indisponíveis.

A fibra alimentar é um polissacarídeo não amiláceo. Segundo a *American Association of Cereal Chemists* (AACC), é definida como remanescente de partes comestíveis de plantas e carboidratos análogos, resistentes à digestão e absorção no intestino delgado humano, com fermentação completa ou parcial no intestino grosso. Nela estão incluídos os polissacarídeos, oligossacarídeos, lignina e substâncias vegetais associadas; exibe um ou mais efeitos laxativos (aumento de volume e maciez do bolo fecal, aumento da frequência e/ou regularidade) e atenuação do colesterol e/ou glicose sanguíneos. A fibra alimentar, portanto, exerce papel importante na dieta humana, como provedora de saúde (VITOLO; CAMPAGNOLO, 2007).

Nos níveis de fibra total, o trigo é o cereal que apresenta maior variabilidade, entre cultivares (da SILVA; CIOCCA, 2005); ela se localiza basicamente no pericarpo do grão, extraído na moagem, antes da obtenção da farinha de trigo branca (ATWELL, 2001). A adição de uma fonte de fibra de cereal (trigo, arroz, aveia, cevada) à farinha de trigo pode afetar as características reológicas da massa (SUDHA; VETRIMANI; LEELAVATHI, 2007).

Proteínas

Em meados de 1900, Thomas Osborne classificou as proteínas (ATWELL, 2001), segundo a solubilidade (OSBORNE, 1924 apud GOESAERT et al., 2005), em quatro categorias: albuminas, globulinas, prolaminas e glutelinas (HOSENEY, 1991).

No trigo, as proteínas estão divididas em proteínas solúveis em soluções salinas (albuminas e globulinas) e proteínas de reserva (gliadina e glutenina), ou seja, o glúten (SGARBIERI, 1966), o principal responsável pela funcionalidade do trigo, a fonte de destaque das propriedades viscoelásticas da massa (OSBORNE, 1924, apud GOESAERT et al., 2005).

A composição quantitativa e qualitativa das frações monoméricas da gliadina e poliméricas da glutenina é que influencia as propriedades da matriz viscoelástica do glúten, no desenvolvimento da massa (PRUSKA-KEDZIOR; KEDZIOR; KLOCKIEWICZ -

KAMINSKA, 2008); ou seja, a relação existente entre a quantidade e a qualidade de gliadina e de glutenina determina as propriedades reológicas da massa e, consequentemente, a qualidade de elaboração do produto (GOESAERT et al., 2005). A relação existente entre a quantidade e a qualidade da glutenina e da gliadina é definida, de acordo com a composição, em termos dos aminoácidos presentes e do peso molecular da proteína (BRANLARD et al., 2001).

A propriedade viscoelástica do glúten hidratado é caracterizada a partir da atuação plastificante da gliadina (VAN DER BORGHT et al., 2005), promovendo viscosidade, e da glutenina, propiciando resistência à ruptura da massa (SGARBIERI, 1996); ou seja, a gliadina tem boa extensibilidade e a glutenina, melhor elasticidade (CHEFTEL; CUG; LORIENT, 1985, apud CHIANG; CHEN; CHANG, 2006).

É a presença das proteínas do glúten na farinha de trigo que a torna apropriada à elaboração de produtos panificáveis levedados (BUSHUK, 1998, apud WANG; ZHAO; ZHAO, 2007), pois é a rede proteica do glúten a responsável pela retenção de dióxido de carbono produzido durante o processo de fermentação, e de assamento nas massas levedadas (GOESAERT et al., 2005); por isso, entender as propriedades mecânicas do glúten do trigo é entender o comportamento do processamento dos produtos elaborados com trigo (BELTON, 2005).

Extração de proteínas de reserva de trigo

As proteínas de reserva do trigo são as proteínas formadoras do glúten. Elas são assim denominadas por serem a “reserva” de nutrientes que o embrião utiliza durante o processo de germinação e crescimento da planta (TORRES, 2008).

No trigo, as proteínas de reserva, denominadas glutenina e gliadina, são naturalmente ricas em prolina e glutamina, dois dos 20 aminoácidos essenciais para os seres humanos. Essa composição explica o fato de o trigo ser o responsável por mais de 20% das calorias e proteínas necessárias à nutrição humana (TORRES, 2008).

As gliadinas e as gluteninas possuem composição e estrutura distintas e são classificadas em função da massa molecular e da capacidade de agregação (TORRES, 2008). Enquanto a gliadina pode ser dividida em quatro grupos, de acordo com a mobilidade eletroforética, α -, β -, γ -, e ω -gliadina, as gluteninas são classificadas em dois tipos, alto (GAM) ou baixo peso molecular (GBM) (WONG, 1995; SHEWRY, TATHAM, 1997b).

Tanto a glutenina quanto a gliadina são caracterizadas em termos da variação alélica, ou seja, em termos da localização cromossômica dos genes e da influência nas propriedades funcionais (SINGH; SHEPHERD; CORNISH, 1991). Além da localização cromossômica dos genes, a presença de ligações dissulfídicas, por causa do conteúdo elevado de resíduos de cisteína, é também um aspecto relevante para a caracterização proteica. Isso explica a relação existente entre o papel da GAM e a funcionalidade do glúten (SHEWRY; TATHAM, 1997a).

As α -, β - e γ -gliadinas têm ligações dissulfídicas intramoleculares (KÖHLERA et al., 1993 apud BRANLARD et al., 2001), e as ω -gliadinas não as contêm (SHEWRY et al., 1986 apud BRANLARD et al., 2001). Já, as subunidades de glutenina divergem quanto à composição em aminoácidos e ao peso molecular. As GAM têm de 77 a 160kDa e as GBM, de 23 a 68kDa. As subunidades de glutenina podem igualmente ser ligadas por pontes dissulfídicas (KASARDA, 1999, apud BRANLARD et al., 2001).

Enquanto os genes da GAM estão localizados no braço longo do cromossomo 1A, 1B e 1D nos locus *Glu-A1*, *Glu-B1* e *Glu-D1*, respectivamente, os genes da GBM localizam-se nos locus *Glu-A3*, *Glu-B3* e *Glu-D3*, no braço curto 1A, 1B e 1D, respectivamente (PAYNE et al., 1987).

As diferenças existentes na massa molecular das subunidades das proteínas de reserva (principalmente das gluteninas) permitem separá-las em diferentes frações, de acordo com a mobilidade, em gel de poliacrilamida, na presença de dodecil sulfato de sódio (SDS-PAGE). A técnica de eletroforese baseia-se na diferença de potencial e peso molecular das macro-moléculas, expressa na migração das moléculas ionizadas do pólo negativo (cátodo) para o pólo positivo (ânodo). Considerando-se que as proteínas são substâncias anfóteras, é indispensável manter o pH do meio, utilizando-se distintas soluções tampão. A caracterização do perfil de gluteninas de cultivares de trigo pode ser feita em géis do tipo SDS-PAGE. A denominação dos alelos proteicos baseia-se na amparação com perfil de cultivares internacionais (Tabela 3).

Tabela 3 Cultivares padrões usadas nas análises em SDS-PAGE.

Cultivar Internacional	GAM		
	<i>Glu-A1</i>	<i>Glu-B1</i>	<i>Glu-D1</i>
Chinese Spring	N	7+8	2+12
Hope	1	6+8	5+10
Glenlea	2*	7+ 8	5+10
Neepawa	2*	7+9	5+10
Sappo	2*	14+15	2+12
Yecora Rojo	1	17+18	5+10
Opata 85	2*	13+16	2+12 ou 5+10

Fonte adaptada: Payne e Lawrence (1983).

As gluteninas de alto peso molecular variam de 3 a 5 nas cultivares de trigo. A nomenclatura das GAM segue numeração de acordo com a mobilidade eletroforética em géis do tipo SDS-PAGE (PAYNE; LAWRENCE, 1983).

Baseados na relação existente entre as subunidades individuais de GAM e a qualidade determinada pelo teste de sedimentação da farinha, Payne et al., (1987) estipularam escores para qualidade Glu-1, conforme Tabela 4.

Tabela 4 Indicação dos escores de qualidade para subunidades de GAM.

Escore	Cromossomo		
	1A	1B	1D
4	-	-	5+10
3	1	17+18	-
3	2*	7+8	-
2	-	7+9	2+12
2	-	-	3+12
1	N	7	4+12
1	-	6+8	-

Fonte: Payne et al., (1987).

Pode-se calcular a soma dos escores individuais das subunidades de GAM de determinada amostra como executado por Payne et al., (1987), em que o máximo escore determinado foi 10 e o mínimo, 3.

Estudos feitos com o trigo indicam que há uma forte correlação entre a presença de gluteninas e a qualidade da farinha de trigo (PAYNE et al., 1987); por isso, em função da quantidade e da composição em proteínas de reserva, um grão de trigo pode ser indicado para várias aplicabilidades tecnológicas (TORRES, 2008). Variações alélicas entre GAM e

GBM associam-se com diferenças na qualidade tecnológica da farinha de trigo (GUPTA; SINGH; SHEPHERD, 1989).

Dentre os alelos, a GAM 5+10, codificada pelo loco *Glu-D1* mostra maior efeito nas propriedades físicas da massa do que o alelo *Glu-D1* 2+12. Além das GAM afetarem a qualidade de elaboração do pão (PAYNE; CORFIELD; BACKMAN, 1979, apud DENG; TIAN; SUN, 2005), as GBM e as gliadinas também influenciam as propriedades da massa elaborada com farinha de trigo (GUPTA et al., 1994 apud DENG; TIAN; SUN, 2005).

Enquanto as gliadinas contribuem, geralmente, com a propriedade de viscosidade na elaboração da massa, as gluteninas colaboram com a elasticidade (COLLAR; BOLLAIN; ROSELL, 2007), sendo que tanto as gliadinas quanto as GBM atuam como solventes (PEÑA et al., 2005).

Estudos evidenciam que deficiências de GAM geralmente diminuem a força do glúten e a viscoelasticidade, ocasionando menor incremento do resultado do pão, em situações em que a força do glúten é alta (ROGERS; SAYERS; RU, 2001).

As gluteninas são os componentes que mais influenciam a força da massa e a relação tenacidade/extensibilidade, especialmente as subunidades GAM; particularmente a forma tipo x, já que elas incrementam a força da massa e são o principal componente da rede de glúten (PEÑA et al., 2005); por isso, as subunidades de GAM presentes no trigo exercem um papel importante na determinação da qualidade de elaboração do pão (PAYNE et al., 1984).

É a composição qualitativa e quantitativa das frações poliméricas de glutenina e monoméricas de gliadina que influenciam as propriedades reológicas da massa de trigo, mais especificamente a matriz viscoelástica do glúten (PRUSKA-KEDZIOR; KEDZIOR; KLOCKIEWICZ- KAMINSKA, 2008).

Lipídeos

Os lipídeos originam-se de membranas, organelas, esferossomos e de diferentes estruturas químicas (GOESAERT et al., 2005). Englobam componentes como ácidos graxos essenciais, vitaminas lipossolúveis (RUIBAL-MENDIETA et al., 2004) e fitosteróis, que são hipocolesterolêmicos (JIANG; WANG, 2005). Eles participam da composição do trigo em percentual bem pequeno (1,5 a 2,0%) e localizam-se principalmente no gérmen, rico em tocoferol (vitamina E) (QUAGLIA, 1991), que é retirado no início do processo da moagem do grão, previamente à moagem do endosperma (ATWELL, 2001).

Minerais e vitaminas

De forma geral, os cereais contêm cerca de 1,5 a 2,5% de minerais (BOCK, 2000, apud DEWETTINCK et al., 2008), sendo que o mineral em concentração mais alta (16 a 22% do total do conteúdo de cinzas) é o fósforo, associado a fitatos de cálcio e magnésio (DEWETTINCK et al., 2008). Dessa forma, sendo o trigo um cereal, pode ser classificado como fonte rica em fósforo (200 a 1200 mg/100g) e potássio (CHARLTON et al., 2007) e moderada fonte de cálcio (100 a 200 mg/100g), magnésio (100 a 200 mg/100g), ferro (1 a 5 mg/100g), zinco (1 a 5 mg/100g) e cobre (0,1 a 1 mg/100g), ao contrário do sódio, antes do processamento do grão (KENT, 1975 apud DEWETTINCK et al., 2008).

Além desses minerais, o trigo também é fonte importante de selênio, um micronutriente essencial aos humanos, com efeito anticancerígeno, antiviral (LYONS et al., 2005) e antioxidante (YU; ZHOU, 2004).

Os cereais, além de importante fonte de minerais, contêm ácido fítico (PANDEY et al., 2001) e vitamina E (DEWETTINCK et al., 2008). A interação do ácido fítico com compostos minerais pode ser considerado um fator limitante do valor nutricional dos cereais (LOPEZ et al., 2000, MINIHANE; RIMBACH, 2002), por causar efeito adverso na absorção de minerais (GILANI; COCKELL; SEPEHR, 2005). A vitamina E é considerada um antioxidante absorvido pelos humanos (DEWETTINCK et al., 2008).

De forma geral, os cereais possuem efeito protetor como fonte de antioxidantes e fitoquímicos (SLAVIN; JACOBS; MARQUART, 2001), sendo que os maiores antioxidantes funcionais são os ácidos fenólicos: ferúlico, vanílico, cafeico e p-cumárico (KLOPFENSTEIN, 2000, apud DEWETTINCK et al., 2008, p.245). No trigo, o conteúdo de minerais varia de acordo com a cultivar estudada e com as condições do local de plantio (da SILVA; CIOCCA, 2005).

Os sais minerais encontrados na farinha de trigo medem a pureza da farinha com relação à contaminação do pericarpo, que contém cerca de trinta vezes mais sais minerais do que o endosperma (ATWELL, 2001).

2.2 Processamento do trigo

A farinha de trigo, matéria prima abundantemente utilizada para elaboração de diversos alimentos, como pães, biscoitos, bolos e massas, é o produto obtido a partir da espécie *Triticum aestivum* ou de outras espécies do gênero *Triticum* conhecidas (exceto *Triticum durum*), por meio do processo de moagem de trigo beneficiado (BRASIL, 2005).

O processo de moagem, para obtenção da farinha de trigo branca, pode ser definido como sendo a redução do endosperma à farinha, precedido pela separação do farelo e do gérmen, com objetivo de elaborar produtos mais palatáveis (ATWELL, 2001) e com maior qualidade.

Na farinha de trigo, o tamanho da partícula, ou seja, a granulometria é uma das propriedades físicas mais importantes que afetam o escoamento dessa farinha, além de estar negativamente relacionado à coesividade e à força de tensão (KUAKPETOON; FLORES; MILLIKEN, 2001) e influenciar o processo tecnológico e as características do produto final (STASIO et al., 2007). Quanto menor for o tamanho da partícula, maior será a área de contato, mais compactas estarão as partículas e mais fortes serão as forças intermoleculares (KUAKPETOON; FLORES; MILLIKEN, 2001). Diferentes perfis granulométricos estão relacionados principalmente ao comportamento dos genótipos, durante o processo de moagem, já que diferentes genótipos submetidos às mesmas condições de moagem apresentam diferenças na distribuição e no tamanho das partículas, implicando, assim, variações características (MOUSIA et al., 2004).

2.2.1 Influência do teor proteico e da dureza do grão na qualidade da farinha

A qualidade da farinha de trigo utilizada na alimentação está diretamente relacionada à qualidade do trigo propriamente dito, decorrente de aspectos genéticos e ambientais (ZHU; KHAN, 2002; ANDERSSON; HÄMÄLÄINEN; ÄMAN, 1994); por isso, para suprir as expectativas do mercado consumidor é necessário entender a relação entre a qualidade da farinha oriunda de determinado grão e as características dos produtos elaborados com essa farinha (KIHILBERG et al., 2006).

Os produtos elaborados com trigo possuem ampla diversidade; é então relevante ressaltar a indicação para o melhor resultado tecnológico com relação à caracterização físico química do grão e da respectiva farinha. Assim, indica-se o uso dos tipos de trigo com diferentes valores proteicos, recomendados para cada produto (Figura 2):

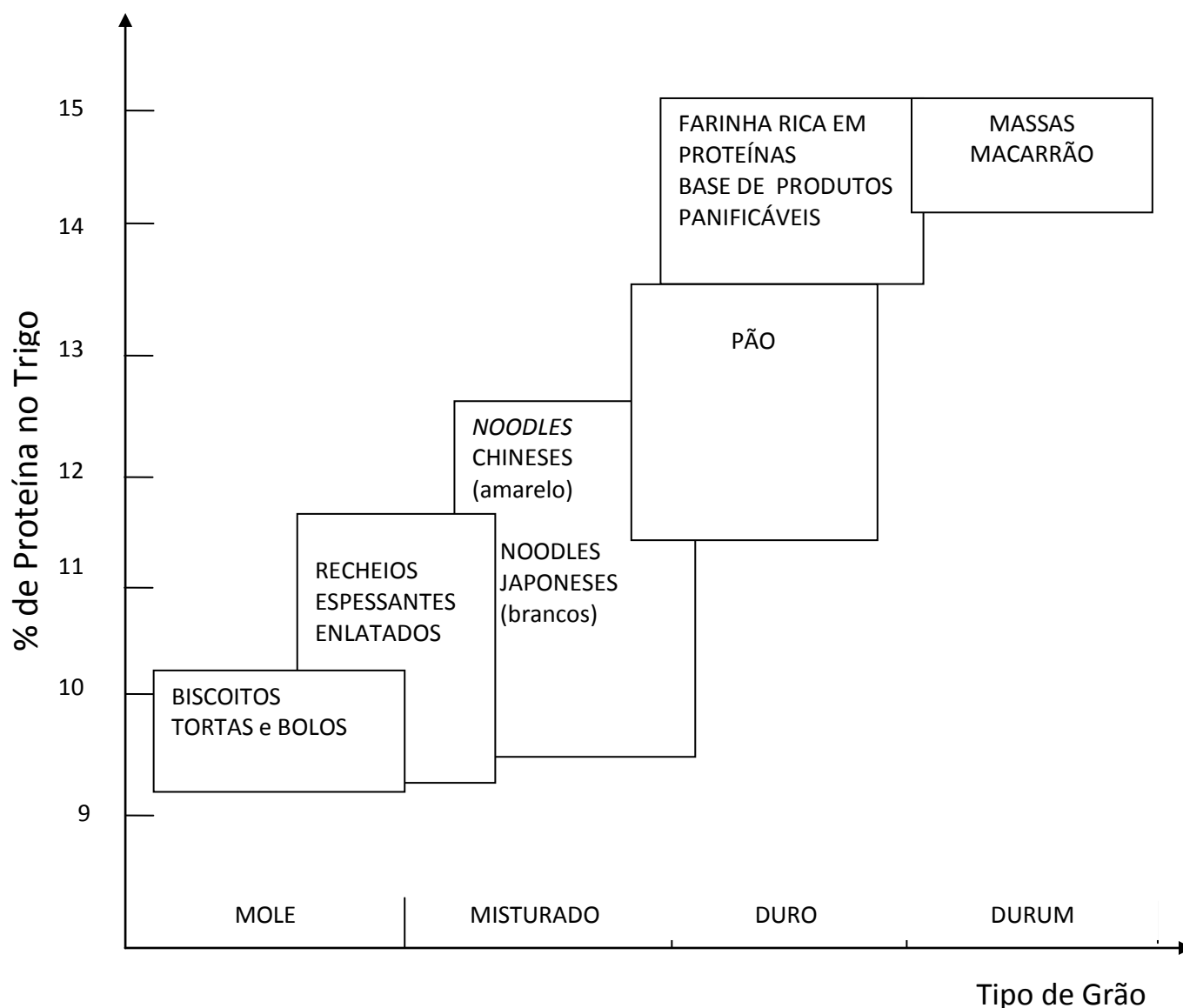


Figura 2 Tipos de grãos de trigo com diferentes valores proteicos e indicação de produtos obtidos.

Fonte: MOSS, (1973), apud HOSENEY, (1991).

O trigo *mole* proporciona farinha muito fina, de coloração branca, formada por fragmentos irregulares das células do endosperma e partículas planas que se aderem umas às outras (LÉON, 2007) e com mais coesividade do que as de trigo duro (KUAKPETOON; FLORES; MILLIKEN, 2001). Este tem, geralmente, baixo teor de glúten; por isso, é utilizado para fabricação de biscoitos (*cookies* e *crackers*), bolos e tortas (HOSENEY, 1991; ATWELL, 2001). O trigo mole possui baixo conteúdo proteico; por isso, resulta em uma massa de glúten fraca e também com baixa absorção de água (CHIANG; CHEN; CHANG, 2006).

O trigo *durum* possui alto teor proteico; por isso, tem a característica de difícil redução em farinha (HOSENEY, 1991). É utilizado para fabricar sêmolos e semolinas

utilizadas na produção de macarrão, espaguete e outras massas (LÉON, 2007; MARCONI; CARCEA, 2001), por causa da coloração única (pigmentos amarelos) (TROCCOLI et al., 2000), sabor, aroma e qualidade de cozimento (ATWELL, 2001; FEILLET; DEXTER, 1998, apud AALAMI; PRASADA RAO; LEELAVATHI, 2007).

O trigo *duro* produz farinha com maior granulometria e de aspecto arenoso, composta por partículas de forma regular (LÉON, 2007). Ele é indicado para produção de pães e produtos fermentados (ATWELL, 2001), pois define farinhas caracterizadas com alto conteúdo de proteína e qualidade de glúten desejável (HOSENEY, 1991). Esse nível proteico propicia boa qualidade de massa, o que é determinado pela absorção de água e estabilidade, durante o tempo de batimento em farinógrafo, e alta resistência e extensibilidade no alongamento, em extensógrafo (HUNG; MAEDA; MORITA, 2006).

2.3 Análises reológicas ou físicas

A reologia, estudo do escoamento e deformação dos materiais, tem por objetivo obter a descrição quantitativa das propriedades mecânicas, a informação relacionada com a estrutura molecular e a composição do material; caracterizar e simular o desempenho dos materiais durante o processamento e controlar a qualidade do produto (DOBRASZCZYK; MORGENSTERN, 2003).

As propriedades reológicas das massas, em geral, são influenciadas basicamente pela dureza do grão, granulometria da farinha e hidratação da massa (BRANLARD et al., 2001). As propriedades reológicas da massa do pão são importantes, por dois motivos: primeiro, porque determinam o comportamento da massa, durante o processo de manuseio mecânico e, segundo, porque afetam os processos que determinam o crescimento das cavidades celulares e a estabilidade da massa, durante o processo de elaboração (STOJCESKA et al., 2007). Isso é delineado pela participação do amido, das proteínas e da água, em que a parte proteica da farinha tem a habilidade para formar a rede viscoelástica contínua do glúten, desde que haja água suficiente para a hidratação e energia mecânica para efetuar a mistura (GRAS; CARPENTER; ANDERSEN, 2000).

Dentre as análises mais utilizadas para a caracterização reológica ou avaliação de qualidade tecnológica da massa, encontram-se: farinografia, extensografia (SONG; ZHENG, 2007), análise da atividade α -amilásica (número de queda ou *falling number*), análise rápida de viscosidade (ARV) e a análise do teor de glúten.

Farinografia

A farinografia determina as propriedades de mistura de uma massa de farinha de trigo. Na farinografia há determinação da absorção da água exata feita pela farinha, tendo como base a consistência específica da massa (QUAGLIA, 1991; SCHÜNEMANN; TREU, 1989). Essa análise é amplamente utilizada como forma de monitorar o desenvolvimento da rede proteica de glúten, durante o processo de mistura da massa (WALKER; HAZELTON, 1996, apud GOESAERT et al., 2005). A análise é feita utilizando-se farinógrafo, um equipamento reológico que possibilita predizer a aplicação tecnológica da farinha de trigo (MONTENEGRO; ORMENESE, 2008), pois simula o processo de mistura, medindo e registrando a resistência da massa que se opõe a uma ação mecânica constante durante os estágios de seu desenvolvimento (QUAGLIA, 1991; SCHÜNEMANN; TREU, 1989). No farinógrafo, a resistência que a mistura da massa (farinha e água) oferece às pás horizontais do equipamento é transmitida a um dinamômetro conectado a um sistema de alavanca e de escala, interligado a uma pena que traça a curva farinográfica (MONTENEGRO; ORMENESE, 2008), sendo que em um modelo computadorizado, a curva é traçada automaticamente.

Para interpretação da curva farinográfica tem-se absorção de água (ABS), tempo de chegada (TC), tempo de desenvolvimento da massa (TD), tempo de saída (TS), estabilidade da massa (EST), índice de tolerância à mistura (ITM).

O percentual de absorção de água (ABS) é a quantidade de água requerida para o centro da curva farinográfica se encontrar na linha de 500 Unidades Farinográficas (UF). A quantidade percentual de água adicionada é função da granulometria da farinha, do teor de glúten, do teor de amido (intacto e danificado) e do teor de dextrina e de celulose (NAEGA, 2008). Isso reflete a quantidade de água ótima (no sentido de ideal), necessária para a elaboração dos produtos.

O tempo de chegada (TC) é o tempo, em minutos, registrado quando o topo da banda alcança a linha de 500 UF, a partir do início da adição de água, ou seja, o tempo de chegada mede a velocidade de absorção de água.

O tempo de desenvolvimento da massa (TD), ou tempo de pico, em minutos, indica o tempo em que a massa alcança a consistência máxima, completamente desenvolvida e com a capacidade de reter gás (NAEGA, 2008).

O tempo de saída (TS), em minutos, indica o momento em que o topo da banda deixa a linha de 500 UF; ou seja, sinaliza o momento inicial de ponto de quebra da massa (NAEGA, 2008).

O tempo de estabilidade da massa (EST), em minutos, é a diferença existente entre o tempo de chegada e o tempo de saída e sinaliza o tempo em que a massa mantém o máximo de consistência, indicando, portanto, a força da massa (NAEGA, 2008).

O índice de tolerância à mistura (ITM) é a diferença de consistência da massa (UF) entre o topo da banda no ponto máximo e o topo da banda, 5 minutos após o ponto máximo ter sido atingido (MONTENEGRO; ORMENESE, 2008).

Extensografia

Na extensografia é medida e registrada a resistência da massa à extensão, enquanto esta é esticada à velocidade constante, após períodos de descanso (BRABENDER, 2008); mede também sua extensibilidade (E), o que é importante para a retenção de gás (HRUSKOVA; SVEC; JIRSA, 2006).

A análise de extensografia é feita utilizando-se o equipamento extensógrafo. Após a mistura e o descanso da massa, esta é esticada em três momentos diferentes: 45, 90 e 135 minutos. A força exercida para contrapor a resistência da massa é transmitida por meio de um sistema de alavanca a um sistema de balança, conectado a uma pena, sobre uma carta extensográfica, que se move à velocidade constante (MONTENEGRO; ORMENESE, 2008).

O extensógrafo puxa a massa utilizando um gancho, até o momento de sua ruptura (QUAGLIA, 1991) e simultaneamente registra a informação da força efetuada em uma carta extensográfica. Para interpretação da carta extensográfica são analisados os seguintes parâmetros: energia (A), resistência à extensão (R), resistência máxima (Rm), extensibilidade (E), número proporcional (D) (MONTENEGRO; ORMENESE, 2008).

A energia é a área (A) delimitada pela curva extensográfica, medida com planímetro e expressa em cm^2 . Quanto maior for a área, maior será a energia requerida para esticar a massa e, portanto, mais forte será a farinha (MONTENEGRO; ORMENESE, 2008).

A resistência à extensão é a altura da curva a 5 cm da origem, designada como R e expressa em UE. A resistência máxima corresponde à altura máxima da curva, designada por Rm e expressa em UE (MONTENEGRO; ORMENESE, 2008).

A extensibilidade (E), designada em centímetros, indica o comprimento do extensograma. Refere-se ao número de vezes que a massa foi estendida, em relação ao seu comprimento original, até romper-se (MONTENEGRO; ORMENESE, 2008).

O número proporcional (D), ou a razão entre resistência à extensão e à extensibilidade, define a relação existente entre estas; ou seja, indica o balanço existente entre a força da massa (resistência à extensão) e sua extensibilidade, antes de romper (NAEGA, 2008).

Análise da atividade α -amilásica (número de queda ou *falling number*)

A análise da atividade α -amilásica é efetuada em equipamento denominado “Falling Number”, fabricado pela Perten Instruments AB, modelo FN 1800. A análise baseia-se na rápida gelatinização de uma suspensão de farinha e água e na medida de degradação do amido por ação da amilase, em condições similares à de cocção de um pão (QUAGLIA, 1991), já que essa enzima tem a função de liberar açúcares (substrato para levedura na produção de CO₂) do amido, durante a fermentação do pão (FARONI et al., 2002).

O resultado obtido, conhecido como número de queda, ou *falling number*, é inversamente proporcional à atividade da α -amilase presente na farinha, ou seja, se a atividade enzimática for alta, o amido é quebrado rapidamente, durante a gelatinização (POPPER; SCHÄFER; FREUND, 2006) e o valor NQ é baixo.

A verificação da atividade α -amilásica em grãos ou em farinhas possui os seguintes objetivos: detectar danos causados por pré-germinação, otimizar os níveis de atividade enzimática e garantir a sanidade do grão (LÉON, 2007).

Análise rápida de viscosidade

Na análise rápida de viscosidade, o equipamento ARV determina o comportamento da gelatinização e as propriedades de pasta do amido, por meio de um viscosímetro que controla a resistência da amostra durante o aquecimento e o resfriamento, ou seja, caracteriza o processo a partir das suas propriedades funcionais (CROSBIE; ROSS, 2007, apud COPELAND et al., 2009). O tratamento térmico dado à massa é muito importante para a qualidade final dos produtos, pois induz aos fenômenos de gelatinização do amido e desnaturação da proteína (FALCÃO-RODRIGUES; MOLDÃO-MARTINS; BEIRÃO-DA-COSTA, 2005).

Durante o funcionamento do ARV, o aquecimento do amido em água rompe as ligações de hidrogênio entre as cadeias poliméricas, enfraquecendo assim o grânulo. Isso caracteriza o intumescimento e a expansão inicial, o que faz com que a estrutura do grânulo de amido seja enfraquecida. À medida que o aquecimento continua, a viscosidade

atinge um ponto máximo e depois diminui, caracterizando a dissolução do grânulo de amido e a perda da integridade da estrutura inicial, que vai sendo modificada com a diminuição da temperatura, podendo chegar à retrogradação (THOMAS; ATWELL, 1999), o que pode evidenciar, por exemplo, o processo de diminuição de vida de prateleira de um pão.

Segundo Copeland (2009), para interpretação dos resultados no ARV, observa-se:

- viscosidade máxima ($V_{m\acute{a}x}$): viscosidade máxima desenvolvida durante o período de aquecimento;
- tempo de viscosidade máxima ou pico de viscosidade (t_{ARV}): tempo de aquecimento no qual a viscosidade máxima de pasta ocorreu;
- viscosidade mínima ($V_{m\acute{i}n}$) à temperatura constante (95°): menor valor da viscosidade, após ter sido atingida a temperatura constante de 95°C , momento em que há a ruptura dos grânulos de amido;
- *breakdown* ou quebra de viscosidade (Bd): corresponde à quebra que ocorre no amido (amostra), ou seja, à diferença de viscosidade que existe entre a viscosidade máxima atingida graficamente e a viscosidade mínima durante a manutenção à 95°C ;
- *setback* ou tendência à retrogradação (Sb): corresponde à retrogradação do amido, ou seja, ao processo em que as cadeias de amido se reassociam em uma estrutura ordenada que favorece a cristalinidade do grânulo. É a diferença entre a viscosidade final e o menor valor de viscosidade durante a manutenção à 95°C ;
- temperatura de pasta (T_{ARV}): temperatura que corresponde ao ponto em que se inicia a formação de curva no gráfico;
- viscosidade final (V_f): valor da viscosidade, obtido no final do ciclo de resfriamento, à temperatura de 50°C .

Esses parâmetros detectam diferenças entre as propriedades funcionais de determinadas amostras de amidos e/ou de farinhas, diferenças que não se fazem tão evidentes com as análises químicas convencionais (COPELAND et al., 2009).

Análise do teor do glúten

A análise do teor de glúten é efetuada com auxílio do equipamento glutomatic, que é constituído também por uma pequena centrífuga e pelo *glutork*.

O glutomatic é o equipamento designado para medir e registrar o teor de glúten úmido e, a partir disso, possibilitar o cálculo do índice de glúten de determinada amostra (MONTENEGRO; ORMENESE, 2008).

O princípio do método consiste em fazer uma massa com farinha de trigo e solução salina (pH previamente ajustado a 5,95), que deve ser em seguida lavada, para remoção do amido e dos constituintes hidrossolúveis do glúten, obtendo-se, por centrifugação, o glúten úmido; após esse procedimento o glúten é secado e pesado (POPPER; SCHÄFER; FREUND, 2006), possibilitando a determinação do teor de glúten seco, por meio do uso do aparelho glutork (MONTENEGRO; ORMENESE, 2008).

A determinação da quantidade e da qualidade do glúten na farinha é uma das melhores ferramentas para se conhecerem suas potencialidades (PERTEN, 1990, apud LÉON, 2007, p.41), já que o glúten é responsável pela retenção de gás na massa, o que confere leveza aos produtos fermentados (BECHTEL; POMERANZ; DE FRANCISCO, 1977), estando então relacionado à qualidade final dos produtos, com relação à textura, forma e expansão (AMEMIYA; MENJIVAR, 1992).

No Brasil, a força do glúten e o número de queda são usados como critério para a classificação comercial do trigo como trigo melhorador, trigo pão, trigo brando e trigo para outros usos (TORRES, 2008).

2.4 Panificação experimental

No Brasil, 55% do trigo utilizado destina-se à panificação. O percentual restante divide-se em 17% para o uso doméstico, 15% para a produção de massas alimentícias, 11% para a fabricação de biscoitos e 2% para os outros usos (EMBRAPA, 2008a).

Dentre os produtos da panificação há destaque para o pão, o alimento básico da dieta humana. Difundido no mundo pelo pioneirismo dos egípcios, possui registros históricos de antes da era neolítica, ou seja, de cerca de 12.000 anos atrás (ARPITA MONDAL, 2008).

Na elaboração dos pães, o trigo é o cereal com maior destaque, apesar de o centeio ser usado substancialmente, em algumas partes do mundo (GOESAERT et al., 2005). Isso acontece por dois motivos: pelo fato de a indústria moageira ter estabelecido um índice potencial do trigo para elaboração de pão (FINNEY e BARMORE, 1948 e PRESTON et al., 1992, apud KIHLEBERG et al., 2006) e porque, dentre as farinhas de cereais, somente a de trigo pode formar uma massa viscoelástica tridimensional, quando misturada com água,

o que faz com que a caracterização das propriedades reológicas da massa seja efetiva em prever o comportamento do processo e o controle de qualidade dos alimentos (SONG; ZHENG, 2007).

Na panificação, juntamente com o trigo, a água é o ingrediente mais importante, já que ambos afetam a textura e o miolo do produto final. Nesse sentido, estudos demonstram que aproximadamente 50% de água incorporada à determinada elaboração resulta em um pão com textura leve, apesar de os pães artesanais conterem de 60 a 75% de água (ARPITA MONDAL, 2008). Em uma determinada elaboração de pão, a farinha de trigo participa sempre com 100% e o restante dos ingredientes é um percentual da totalidade do peso; por isso, considerando-se 100% de farinha, a quantidade de participação dos outros ingredientes é de 2% para o fermento, 4% para o açúcar, 2% para o sal e 3% para gordura (ARPITA MONDAL, 2008).

Além dos ingredientes, o procedimento para elaboração do pão é também fundamental nas seguintes etapas: mistura ou amassamento, fermentação e cocção (HOSENEY, 1991; DANIELS; FISHER, 1976, apud HRUSKOVA; SVEC; JIRSA, 2006).

O amassamento é uma operação crítica no processamento de alimentos, pelo fato de formar sua estrutura, ou seja, acontece o desenvolvimento das propriedades viscoelásticas do glúten, além da incorporação de ar, que tem efeito maior na reologia e na textura (DOBRSZCZYK; MORGENSTERN, 2003). No processo de amassamento, a aeração e a reologia estão intimamente relacionadas; por isso, é relevante considerar: o efeito do formato do misturador e da operação, no desenvolvimento da reologia e da textura; a medida reológica, durante a mistura, a partir do torque do batedor ou da força consumida; o efeito da reologia nos modelos de mistura; e a simulação dos modelos de deformação e escoamento de mistura em função da geometria do batedor e da reologia (DOBRSZCZYK; MORGENSTERN, 2003).

A fermentação é a etapa condutora no processo de elaboração de pães. Isso ocorre porque é a partir da fermentação dos açúcares (liberados do amido), da farinha de trigo e da ação das enzimas naturais presentes que se obtém o produto levedado denominado pão. Durante a fermentação (que tem a levedura *Saccharomyces cerevisiae* como responsável), o açúcar é convertido em CO_2 e água; o vapor d'água e o CO_2 são expandidos, com o aumento da temperatura, além de atuarem como isolantes, prevenindo, assim, o aumento excessivo de temperatura e a evaporação da umidade (ARPITA MONDAL, 2008).

Na etapa de cocção, ocorrem no produto algumas modificações, que definem os aspectos sensoriais: vaporização da umidade, elevação da temperatura, aumento do volume

(HOSENEY, 1991), transformação da viscosidade da massa em elasticidade do miolo do pão e caracterização esponjosa da massa (HAMER; HOSENEY, 2006).

Segundo El-Dash (1978), com relação às características externas e internas dos pães, observa-se os seguintes parâmetros:

- cor da crosta (CorC): colocação da superfície externa superior, ideal em tons uniformes de caramelo;
- quebra (Q): observada na lateral do pão expandido, dá aspecto de rede formada;
- simetria (Sim): uniformidade do pão com relação à modelagem e formato;
- característica da crosta (CC): aspecto físico homogêneo e espessura;
- cor do miolo (CorM): coloração do miolo;
- célula miolo (CelM): orifícios que formam o miolo;
- textura (Tex): aspecto físico do miolo referente à densidade, maciez;
- aroma (Ar): específico, como fermentação incompleta ou álcool;
- gosto (G): preponderante característico ou residual.

O teste de panificação é a melhor alternativa para se testar uma farinha em escala comercial (FREILICH; MCHUGH; FREY, 1935, apud ZOUNIS; QUAIL, 1997). Os métodos dos testes de panificação refletem a produção comercial, muito embora isso dependa da formulação, dos protocolos adotados e dos equipamentos utilizados (ZOUNIS; QUAIL, 1997).

A formulação de produtos acabados e processados pode descrever protocolos de laboratórios, utilizados para avaliar a qualidade da farinha de trigo (NAEGA, 2008).

Muitos fatores interferem nas condições de processamento de determinado produto; eles podem ser caracterizados como o conteúdo de água, o procedimento de mistura, o tempo de mistura, o tempo de descanso da massa e sua consistência. Isso afeta as propriedades reológicas da massa (SLIWINSKI et al., 2004), as quais são comumente utilizadas para se analisar o valor panificável da farinha de trigo (DANIELS; FISHER, 1976, apud HRUSKOVA; SVEC; JIRSA, 2006).

Somente os testes de panificação podem mostrar a complexa interação existente entre os ingredientes, fornecendo a informação real característica da panificação (pães, bolos, biscoitos, massas). Cuidadosamente monitorados, eles podem ser confiáveis em

predizer as propriedades da massa e de produtos assados, o que os torna facilmente reprodutíveis (NAEGA, 2008).

2.5 Microscopia de alimentos

A microscopia óptica foi inicialmente utilizada na ciência dos alimentos para se detectarem contaminações ou adulterações. Ao longo do tempo, novos interesses surgiram, como o de se conhecer a microestrutura e a sua interferência nas propriedades dos alimentos. Com a comercialização e a produção de alimentos, tornou-se necessário entender os processos que conduziam ao desenvolvimento de estruturas variadas (KALÁB; ALLAN-WOJTAS; MILLER, 1995).

Dessa forma, a microscopia pode possibilitar a obtenção de informações sobre várias características dos alimentos, como a verificação da sua composição estrutural e a identificação de substâncias e de organismos estranhos (MOECKE; DE FRANCISCO, 1995).

De acordo com as técnicas de microscopia mais utilizadas em alimentos, há destaque para a microscopia eletrônica de varredura (MUNCK, 1989).

Microscopia eletrônica de varredura

A microscopia eletrônica de varredura observa o objeto na superfície e possibilita aumento de resolução e de profundidade de campo, quando comparada à microscopia óptica. O microscópio eletrônico de varredura tem a mesma fonte de iluminação que um microscópio óptico: um filamento quente de tungstênio, que produz luz e elétrons. As lentes do microscópio eletrônico de varredura são bobinas eletromagnéticas que projetam o feixe de luz e as imagens nos pontos focais apropriados, possibilitando, assim, que os elétrons percorram a amostra ponto por ponto, ao longo de linhas paralelas, o que o denomina “de varredura” (MOECKE; DE FRANCISCO, 1995).

Os trabalhos que utilizam a microscopia eletrônica de varredura geralmente avaliam a anatomia e a organização celular animal, mineral e vegetal. Estudos já demonstraram a eficiência da utilização da microscopia eletrônica de varredura para análise de farinhas de trigo (AALAMI; PRASADA RAO; LEELAVATHI, 2007; GANGADHARAPPA; RAMAKRISHNA; PRABHASANKA, 2008).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

Quatro amostras de grãos de diferentes cultivares de trigo brasileiro (*Triticum aestivum* L.), safra 2008, foram fornecidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, para o presente estudo. Dentre as cultivares, três são provenientes do Estado do Rio Grande do Sul (BRS Louro, BRS Timbaúva e BRS Guamirim) e uma, do Paraná (BRS Pardela).

3.2 Métodos

3.2.1 Moagem dos grãos

Os grãos descascados foram moídos no Laboratório de Qualidade Grãos da Embrapa Trigo, na cidade de Passo Fundo, RS, utilizando-se moinho Quadrumat Senior, marca Brabender, de acordo com método 26-10A da AACC (2000). Após a moagem, a farinha de trigo foi porcionada em sacos plásticos de polietileno de alta densidade, com diferentes capacidades (direcionadas às quantidades a serem utilizadas em cada análise) e armazenada em câmara de congelamento ($-13 \pm 1^{\circ}\text{C}$), para ser utilizada no momento das análises.

As amostras de grãos que não estavam com a umidade entre 14,8 e 15% precisaram ser condicionadas, previamente à moagem; dessa forma, calculou-se a quantidade de água a ser adicionada (Anexo 1). Para homogeneização, utilizou-se o misturador de trigo Chopin 10MRL, por 15 minutos.

3.2.2 Caracterização física das cultivares

A caracterização física das cultivares também foi realizada no Laboratório de Qualidade de Grãos, na Embrapa Trigo.

Peso do hectolitro (PH)

O peso do hectolitro dos grãos de trigo consistiu na pesagem e cálculo da massa de grãos que ocupam o volume de 100 litros (BRASIL, 1992). O peso do hectolitro foi

determinado, em triplicata, em balança Dalle Molle, segundo método indicado pelo fabricante do equipamento.

Peso de mil grãos (PMG)

A análise do peso de mil grãos foi realizada, em triplicata, de acordo com método descrito por BRASIL (1992), por meio da contagem manual, ao acaso, de 100 sub-amostras, que foram pesadas em balança semi-analítica e o resultado, multiplicado por 10, para equivaler a mil grãos.

Índice de dureza do grão (ID)

O índice de dureza do grão, medido por meio da sua textura, foi determinado em triplicata, usando-se equipamento SKCS (Single Kernel Classification System - Sistema de Caracterização Individual da Semente), Modelo 4100, da Perten Instruments; o equipamento foi conectado ao MS-Windows Operating System e seguiu-se o método 55-31 da AACC (2000). O aparelho realiza a análise empregando 300 grãos para cada determinação. Foram realizadas três repetições para cada amostra, estimando além do índice de dureza do grão, sua umidade, peso e diâmetro do grão. A dureza do grão foi determinada pela medida experimental da força necessária para triturá-lo, segundo o manual de operação do equipamento.

Umidade do grão (Ug)

A umidade do grão de trigo foi determinada em triplicata, utilizando-se medidor portátil de umidade, marca Dickey John, modelo 46233-1429; que consiste na medição por capacitância (constante elétrica) das propriedades elétricas das amostras que são dependentes da umidade, de acordo com o método 44-10 da AACC (2000).

Atividade de água do grão (Awg)

A atividade de água do grão foi determinada em triplicata, utilizando-se equipamento Aqualab, marca Decagon, modelo série 3 TE, seguindo-se instruções do manual. A análise foi determinada no intervalo de temperatura de 24,9 a 25,2°C, sendo o padrão a 25°C.

3.2.3 Caracterização físico química e de gluteninas das farinhas

As análises de composição química foram realizadas no laboratório de Cereais do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, na Universidade Federal de Santa Catarina (CERES – UFSC). A análise de extração das proteínas, como já mencionado, foi conduzida no Laboratório de Biotecnologia da Embrapa Trigo, em Passo Fundo, RS.

Atividade de água da farinha

A atividade de água da farinha seguiu o mesmo método da análise de atividade de água do grão, descrito no item 3.2.1.

Determinação de cor da farinha

A cor das amostras de farinha foi determinada pelo sistema CIELab, utilizando-se colorímetro Konica Minolta CR 400, cujos parâmetros medidos foram luminosidade (L^*) e coordenadas de coordenada de cromaticidade(a^* e b^*). A luminosidade L^* possui escala de 0 a 100 ou do preto ao branco, respectivamente. A coordenada de coordenada de cromaticidade a^* , com valores positivos, indica direção para cor vermelha (+60), e com valores negativos, direção para cor verde (-60); a coordenada de coordenada de cromaticidade b^* , com valores positivos, indica direção da cor amarela (+60), e com valores negativos, direção para cor azul (-60). O centro é acromático (OLIVER; BLAKENEY; ALLEN, 1993).

O colorímetro avalia a cor das amostras, realizando leituras por meio da reflectância. O equipamento foi calibrado no branco, com as seguintes medidas: $L^*=97,87$; $a^*=-0,01$ e $b^*=1,86$, de acordo com manual do equipamento, e seguindo método 14-22 da AACC (2000). A análise de cor foi feita em triplicata.

Composição química da farinha

Os teores de umidade (44 -15A), proteína (46 -10, Kjeldahl N x 5,7), fibra alimentar total (32-05), lipídeos (30-25) e cinzas (08 -01) foram determinados pelos métodos da *American Association of Cereal Chemists* (AACC, 2000).

O teor de amido total foi determinado pelo método 76-13 (AACC, 2000), utilizando-se kit enzimático da Megazyme Internacional Ireland Ltda. O teor de amilose aparente, pelo método *iodine sorption: Blue Value* (GILBERT, SPRAGG, 1964), por meio da medida da absorbância da cor azul produzida em solução aquosa de amilose, sobre a

adição do íon tri-iodeto, usando-se um indicador eficiente da quantidade de fração linear presente em solução.

Por ter sido incluído iodo nas hélices de amilose, a coloração azul tem sido um teste colorimétrico utilizado há bastante tempo, como forma de indicar a presença de amido (GIBSON; SOLAH; McCLEARY, 1997). Existe possibilidade, no entanto, de haver ligações de iodo com a amilopectina, o que causa leitura super estimada na medida do conteúdo de amilose, o que é de certa forma compensado com ligações de ácidos graxos livres que competem com o iodo, na formação de complexos com a amilose, tendendo-se, assim, a subestimar a medida de amilose (PEREZ; JULIANO, 1978); por isso a análise de amilose tem a terminologia “aparente”.

Todas as análises de composição química das amostras de farinha foram feitas com três repetições, em triplicata.

Extração das proteínas de reserva do trigo

A extração das proteínas de reserva das amostras de farinha foi realizada seguindo protocolo estudado por Singh, Shepherd e Cornish (1991) e a análise, feita em gel de poliacrilamida, na presença de dodecil sulfato de sódio (SDS-PAGE).

A obtenção das imagens e leitura de gluteninas de alto peso molecular (GAM) foi feita de acordo com Payne e Lawrence (1983), após a eletroforese, em que os géis foram corados com soluções de *Coomassie Brilliant Blue* R250 e G250 (BLAKESLEY; BOEZI, 1977), escaneados e comparados com perfil internacionalmente conhecido.

Para cada um dos genótipos analisados, BRS Louro, BRS Timbaúva, BRS Guamirim e BRS Pardela, foram obtidas quatro amostras: farinha branca, a partir da mistura de grãos; grão individual nomeado “grão 1”; grão individual nomeado “grão 2”; e grão individual nomeado “grão 3”, sendo que para as amostras dos grãos individualizados extraíram-se os embriões respectivos e obteve-se a farinha, a partir da maceração do endosperma. Utilizou-se marcador de massa molecular, *Precision Plus Protein Standards* (BioRad®), cujas bandas têm a massa molecular em kilo Dalton.

3.2.4 Caracterização reológica das farinhas

A caracterização reológica das amostras das farinhas das quatro cultivares estudadas foi realizada pela Unidade Cereal Chocotec, do Instituto de Tecnologia de

Alimentos – ITAL, na cidade de Campinas, SP, exceto para a análise do ARV, determinada no Laboratório de Cereais, da Universidade de Passo Fundo.

Foram efetuadas as análises de caracterização reológica das amostras de farinha de trigo: farinografia, extensografia, análise da atividade α -amilásica, análise rápida de viscosidade, análise do teor de glúten.

Farinografia

A farinografia foi realizada em triplicata, em farinógrafo marca Brabender Org Duisburg, modelo Typ 820600, conforme método 54-21 da AACC (2000).

Extensografia

Para medir a resistência da massa à extensão, de forma uniaxial, enquanto ela é esticada à velocidade constante, após períodos de descanso. Empregou-se extensógrafo marca Brabender Org Duisburg, modelo Typ 86000, seguindo método 54-10 da AACC (2000). A extensografia foi realizada em triplicata.

Análise da atividade α -amilásica (número de queda ou *falling number*)

A análise, baseada na habilidade da enzima α -amilase em hidrolisar o gel de amido, seguiu o método 56-81B da AACC (2000), em triplicata e utilizando-se manual de operação do equipamento, modelo FN 1800, fabricado pela Perten Instruments AB.

O resultado obtido, conhecido como número de queda, ou “falling number”, é definido como o tempo total em segundos, gasto para se imergir o tubo viscosímetro em banho-maria, misturar a suspensão aquosa de farinha nele contida e permitir que o agitador viscosímetro desça a uma distância fixa do gel formado, que se encontra em liquefação (MONTENEGRO; ORMENESE, 2008).

Análise rápida de viscosidade

As análises no analisador rápido de viscosidade foram realizadas em triplicata, em ARV, Modelo ARV-3D, com programa Termocline for Windows, versão 3.1, de acordo com manual do equipamento (NewPort Scientific, 1998) e seguindo-se método 76-21 da AACC (2000). O ARV mede a viscosidade do amido cozido em água e a atividade enzimática da α -amilase.

Análise do conteúdo de glúten

Para determinar o teor de glúten úmido, glúten seco e índice de glúten (índice) foi utilizado método 38-12 da AACC (2000), em quadruplicata. O método consiste na lavagem mecânica do glúten, quantificação utilizando-se equipamento Glutomatic modelo 2200, da Perten Instruments. O glúten úmido foi determinado por pesagem após uso de centrífuga (modelo 2015) e o glúten seco, obtido após secagem do glúten úmido empregando glutork (modelo 2020). O índice de glúten foi calculado pela razão entre glúten úmido que permaneceu na peneira (após centrifugação) e o glúten úmido total.

3.2.5 Granulometria

Os perfis granulométricos foram determinados pela passagem de 100 gramas de amostra em jogo de peneiras vibratórias, conforme método 66-20 da AACC (2000). Efetuou-se a análise de granulometria em triplicata, utilizando-se peneiras com aberturas de 600µm, 425µm, 250µm, 180µm e 150µm. A recuperação de todas as amostras de farinha de trigo foram superiores a 98%.

3.2.6 Panificação experimental ou teste de avaliação do produto (*Baking test*)

Esse método de elaboração de uma massa de pão avaliou a qualidade das amostras de farinha, utilizando-se para tanto ingredientes especificados, com padrões e quantidades estabelecidos, seguindo-se o processo de batimento da massa, fermentação, modelagem e assamento, em equipamentos designados.

As amostras de farinha de trigo foram utilizadas para a produção de pães, por meio do teste experimental de panificação descrito por El-Dash (1978), no qual os ingredientes da formulação do pão, os tempos (de mistura, de fermentação e de cozimento), as temperaturas e as consistências das massas são controladas e fixas.

Para elaboração dos pães utilizaram-se os seguintes ingredientes: farinha de trigo (g/300g), sal (5,25g), açúcar (15,0g), fermento biológico fresco (9,0g), gordura vegetal hidrogenada (9,0g) e ácido L*-ascórbico (0,027g), conforme Apêndice 1. O tempo de fermentação foi de 95 minutos, o peso de massa, por forma, de 150 gramas e a temperatura do forno, 220°C. Além do farinógrafo e do extensógrafo, utilizou-se também balança de precisão marca Ohaus Corporation, modelo TP4Kd; forno elétrico Layr, Marca Ryal & Cia

Ltda, modelo forno automático; e medidor volumétrico para pães, marca Vondel, Ind. e Com. de Máquinas e Componentes Ltda, modelo MDMV 03/MVP 1300.

Após resfriamento, o volume dos pães foi determinado pelo método de deslocamento de sementes de colza, em um recipiente de volume previamente conhecido. Calculou-se o volume específico (VE) dividindo-se o volume pelo peso do pão, sendo os resultados expressos em mL/g. As características externas (cor da crosta (CorC), quebra (Q), simetria (Sim)) e internas (característica da crosta (CC), cor do miolo (CorM), célula miolo (CelM), textura (Tex)), o aroma (Ar) e o gosto (G) dos pães foram avaliados e pontuados segundo El-Dash (1978) e, para qualidade do pão, foi adotada tabela de classificação em função do total de pontos, de acordo com Camargo e Camargo (1987). O teste de panificação experimental foi efetuado em triplicata.

3.2.7 Microscopia eletrônica de varredura das cultivares e farinhas estudadas

As amostras de grãos e suas respectivas farinhas de trigo foram fixadas em *stubs* de alumínio, com auxílio de cera e fita carbono dupla face, respectivamente. Elas foram revestidas com duas camadas de ouro, de 200 Å de espessura cada uma. Para isso, utilizou-se o equipamento Sputtering, marca Baltec, modelo SCD 005 sputter coater. A visualização e fotografia das amostras foram feitas em Microscópio Eletrônico de Varredura JEOL JSM-6390LV, a uma voltagem de aceleração de 10 kV no Laboratório Central de Microscopia Eletrônica da UFSC

3.2.8 Análise estatística

Os dados obtidos em cada análise foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e comparados por teste-F. Nos modelos significativos realizou-se a comparação de médias pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$). Os resultados foram expressos pela média e desvio padrão. Os dados também foram avaliados por ACP (Análise de Componentes Principais), método de projeção e redução dimensional dos dados (KRBI; URII-MLADENOV; CVEJANOV, 2005), em que há associação entre as análises, com o objetivo de se verificar o grau de participação de cada uma delas.

Foi utilizado o programa STATISTICA 7.0, Copyright StatSoft, Inc., 1984-2004.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização física das cultivares

Os resultados da caracterização físicas das cultivares, apresentados na Tabela 5, demonstraram que a cultivar BRS Pardela apresentou PH, 80,80 kg/hL, significativamente superior ao das demais cultivares ($p \leq 0,05$).

De acordo com as condições físicas do produto entregue ao produtor, o trigo pode ser enquadrado em tipos, definidos de acordo com Brasil (2001), conforme Anexo 2. Observando-se apenas o PH, as cultivares BRS Louro (80,15kg/hL) e BRS Pardela (80,80 kg/hL) podem ser consideradas como tipo 1, e as cultivares BRS Timbaúva (73,35kg/hL) e BRS Guamirim (73,33kg/hL), como tipo 3.

O PMG variou significativamente ($p \leq 0,05$), entre as cultivares analisadas (Tabela 5). O menor PMG foi verificado na cultivar BRS Louro (31,60g), o que pode refletir as condições climáticas sofridas no campo, devido ao grão ser semi-mole.

O ID é um parâmetro que possibilita classificar as cultivares estudadas, conforme Anexo 3. Apesar das quatro cultivares estudadas apresentarem diferenças significativas entre si ($p \leq 0,05$), pode-se classificar a cultivar BRS Louro como semi mole, a cultivar BRS Guamirim como grão duro e as cultivares BRS Timbaúva e BRS Pardela como grãos muito duros (Anexo 3).

Os grãos de trigo duro requerem maior força para se desintegrarem e apresentam maior tamanho de partículas, em relação aos trigos moles (ATWELL, 2001), o que pode ser observado nas cultivares BRS Timbaúva e BRS Pardela, grãos muito duros com ID superior ao das outras cultivares analisadas.

Tabela 5 Caracterização física das cultivares estudadas.

Cultivar	PH (kg/hL)	PMG (g)	ID*	Ug (%)	Awg	EXT (%)
BRS Louro	80,15 ^b ± 0,00	31,60 ^c ± 0,40	36,38 ^d ± 0,22	14,70 ^a ± 0,00	0,632 ^a ± 0,001	58,52 ^b ± 1,103
BRS Timbaúva	73,35 ^c ± 0,26	34,43 ^b ± 1,20	88,93 ^a ± 0,93	13,10 ^a ± 0,00	0,619 ^d ± 0,0006	64,18 ^a ± 1,11
BRS Guamirim	73,33 ^c ± 0,11	36,53 ^a ± 0,87	76,00 ^b ± 0,44	12,50 ^a ± 0,00	0,625 ^c ± 0,001	62,42 ^a ± 0,64
BRS Pardela	80,80 ^a ± 0,00	35,03 ^{ab} ± 0,21	85,46 ^c ± 0,48	14,60 ^a ± 0,00	0,629 ^b ± 0,001	65,68 ^a ± 0,516

Valores médios ± DP de determinações em triplicata.

Valores médios na mesma coluna, seguidos por letras diferentes, são significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

PH é o peso do hectolitro, PMG é o peso de mil grãos, ID é o índice de dureza do grão, Ug é a umidade do grão, Awg é a atividade de água do grão, EXT é a extração da farinha do endosperma do grão. * ID BRS Louro = grão semi mole; BRS Guamirim = grão duro e BRS Timbaúva e BRS Pardela = grãos muito duros.

Os teores de Ug não apresentaram diferenças significativas, entre as diferentes cultivares analisadas ($p \leq 0,05$) (Tabela 5).

Os resultados de Ug encontrados não estão de acordo com a Legislação Brasileira de Trigo, em vigor em 2009, a Instrução Normativa nº7 (BRASIL, 2001), que estabelece em 13% o limite de umidade para o trigo. Contudo, as diferenças não foram significativas entre as cultivares, que apresentaram $UG > 13\%$. Usualmente, no entanto, para a comercialização do trigo são empregados parâmetros de qualidade adicionais, diferenciados da Instrução Normativa nº 7, os quais são estabelecidos para atender às especificações de farinha de trigo exigidas pelos diferentes segmentos da cadeia produtiva (indústrias moageiras e indústrias que elaboram diferentes produtos: pães, massas, biscoitos, bolos etc...) (MIRANDA; DE MORI; LORINI, 2004).

O percentual de umidade predispõe a planta ao crescimento de fungos e à produção de micotoxinas (PRANDINI et al., 2009), como demonstrado por Troccoli et al., (2000); segundo esses autores, umidade do grão maior do que 13,5%, aliada à temperatura, durante a estocagem, pode ocasionar deterioração.

Fatores do meio ambiente como água, temperatura e interação entre eles são fundamentais para as condições da germinação do grão (PIERRE et al., 2008) e produção de toxinas, a partir da ação de fungos (PACIN et al., 2009). Dentre as cultivares analisadas, a BRS Louro destacou-se significativamente ($p \leq 0,05$), pelo maior valor de Awg (0,632), quando comparada a outras cultivares (Tabela 5). Isto pode ser explicado pela dureza do grão (grão semi mole), que torna a cultivar BRS Louro mais permeável à entrada de água e mais disponível para a germinação e suscetível à ação de fungos. Por isso, uma forma de preservar a qualidade fisiológica das sementes e protegê-las é usar um pó inerte, proveniente de algas diatomáceas, que tem a vantagem de ser atóxico, controlar diversas pragas ao mesmo tempo e ter ação duradoura durante toda a safra do grão (LORINI, 2003), conforme foi detectado no recebimento nas cultivares BRS Louro e BRS Pardela.

A extração de farinha do grão foi significativamente inferior ($p \leq 0,05$) para a cultivar BRS Louro (58,52%), quando comparada às demais cultivares (Tabela 5), o que se explica pela textura do grão, pois grãos semi moles produzem menor quantidade de farinha que grãos duros.

A cultivar BRS Pardela está de acordo com o sugerido por Gutkoski, Nodari e Neto (2003), segundo os quais quanto maior é o percentual de endosperma do grão, em geral maior é o rendimento da farinha extraída, além disso, grãos muito duros possuem tendência de produzir maior quantidade de farinha.

4.2 Caracterização físico química e análise de gluteninas de alto peso molecular de trigo

A Awf variou significativamente ($p \leq 0,05$) em todas as cultivares estudadas, sendo o menor valor verificado na farinha do cultivar BRS Pardela (0,588), e o maior valor, na farinha da cultivar BRS Guamirim (0,675) (Tabela 6).

As farinhas estudadas apresentam grande variação nos componentes de cor, tendo diferenças significativas para L^* , a^* e b^* ($p \leq 0,05$) (Tabela 6). Essa variabilidade ocorre porque a cor da farinha de trigo é afetada por variáveis como genótipo do trigo, extração da farinha do grão, condicionamento do grão antes da moagem, tamanho das partículas, estocagem, efeito do tratamento do branqueamento, condições climáticas da colheita e o local do plantio (ORTOLAN, 2006).

A farinha da cultivar BRS Louro foi a que apresentou maior valor de L^* (94,56), comparada às demais (Tabela 5), sendo a que apresentou a maior brancura.

A farinha da cultivar BRS Timbaúva apresentou maior valor de b^* , que demonstra tendência à cor amarela, atributo importante e, provavelmente, relacionado à presença de carotenóides.

Tabela 6 Caracterização física das farinhas.

Cultivar	Awf	Cor Farinha			Uf (%)
		L^*	a^*	b^*	
BRS Louro	$0,601^c \pm 0,001$	$94,56^a \pm 0,14$	$-0,02^b \pm 0,026$	$6,56^c \pm 0,03$	$12,03^b \pm 0,29$
BRS Timbaúva	$0,636^b \pm 0,002$	$92,49^d \pm 0,09$	$-0,17^c \pm 0,025$	$9,29^a \pm 0,01$	$13,21^a \pm 0,28$
BRS Guamirim	$0,675^a \pm 0,001$	$93,37^b \pm 0,05$	$-0,18^c \pm 0,017$	$8,98^b \pm 0,05$	$12,96^a \pm 0,31$
BRS Pardela	$0,588^d \pm 0,001$	$93,00^c \pm 0,03$	$0,05^a \pm 0,038$	$8,98^b \pm 0,03$	$12,20^b \pm 0,33$

Valores médios \pm DP de determinações em triplicata.

Valores médios na mesma coluna, seguidos por letras diferentes, são significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Awf é a atividade de água da farinha, Uf é a umidade da farinha. Cor pelo Sistema CIELab: L^* é a luminosidade, a^* é a coordenada de cromaticidade (do verde ao vermelho) e b^* é a coordenada de cromaticidade (do azul ao amarelo).

Os teores de umidade da farinha das cultivares BRS Timbaúva (13,21%) e BRS Guamirim (12,96%) apresentaram-se estatisticamente iguais entre si e superiores aos dos demais ($p \leq 0,05$) (Tabela 6). Todas as amostras de farinha de trigo das cultivares analisadas seguem a Legislação Brasileira, em vigor (BRASIL, 2005b), a qual determina que a umidade da farinha de trigo não deve ultrapassar 15%.

Nas amostras de farinha das cultivares analisadas, a quantidade de amido variou de 77,44 a 81,92%, em base seca, correspondendo, respectivamente, às cultivares BRS Louro e BRS Pardela ($p \leq 0,05$) (Tabela 7).

Tabela 7 Composição química das farinhas, de acordo com os métodos da AACC (2000) em base seca, em percentual (%).

Cultivar	Amido (%)	PB (%)	FAT (%)	Lp (%)	Cinzas (%)	Aa* (%)
BRS Louro	77,44 ^b ± 1,55	11,65 ^c ± 0,16	2,67 ^a ± 0,48	1,04 ^a ± 0,30	0,95 ^a ± 0,024	21,50 ^a ± 1,43
BRS Timbaúva	79,57 ^{ab} ± 2,17	12,00 ^{bc} ± 0,09	2,45 ^a ± 0,22	0,69 ^b ± 0,06	0,93 ^a ± 0,029	19,42 ^b ± 0,55
BRS Guamirim	79,92 ^{ab} ± 5,17	12,67 ^b ± 0,42	2,91 ^a ± 0,60	0,76 ^b ± 0,10	0,95 ^a ± 0,023	22,16 ^a ± 0,43
BRS Pardela	81,92 ^a ± 3,46	14,35 ^a ± 0,40	3,02 ^a ± 0,90	0,85 ^{ab} ± 0,07	0,95 ^a ± 0,024	20,46 ^a ± 0,31

Valores médios ± DP de determinações em triplicata, com três repetições.

Valores médios na mesma coluna, seguidos por letras diferentes, são significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

PB é o teor de proteína bruta, FAT é o teor de fibra alimentar total, Lp é o teor de lipídeo, Aa é o teor de amilose aparente. * Percentual incorporado ao composto amido.

O teor de Aa da farinha da cultivar BRS Timbaúva apresentou-se significativamente inferior ao das demais ($p \leq 0,05$), com 19,42%. As outras cultivares – BRS Louro, BRS Guamirim e BRS Pardela – apresentaram teores significativamente superiores ($p \leq 0,05$), com destaque para a farinha da cultivar BRS Guamirim (22,16%) (Tabela 7).

Os teores de Aa demonstrados, encontrados nas farinhas das cultivares analisadas, caracterizam um intervalo percentual de amido normal, pois, segundo Blazek e Copeland (2008), o amido de trigo pode ser caracterizado de acordo com o teor de amilose, sendo de até 2% para o amido ceroso, de até 34% para o amido normal e de até 43% para amido com alto teor de amilose.

O teor de PB está compreendido entre o valor mínimo (11,65%) e o valor máximo (14,35%), para as farinhas das cultivares BRS Louro e BRS Pardela, respectivamente (Tabela 7). Essa variação proteica é demonstrada em diversos estudos (CHIANG, CHEN, CHANG, 2006; STOJCESKA, et al., 2007).

Segundo a legislação brasileira (BRASIL, 2005b), o teor mínimo de proteína é de 7,5% para caracterizar a farinha de trigo como do tipo 1, e de 8,0%, para a farinha de trigo como tipo 2; portanto, as farinhas provenientes das cultivares estudadas superaram o limite mínimo exigido.

Muitos estudos têm demonstrado que os teores de amido e PB de determinada farinha de trigo branca possuem quantidades inversamente correlacionadas (BERTON et

al., 2002). Algumas farinhas, no entanto, comportam-se de maneira diferente, conforme estudos demonstrados por Magnus et al., (2000) e apresentado neste trabalho.

O teor de FAT não variou significativamente ($p \leq 0,05$) entre as farinhas das cultivares analisadas, conforme observado na Tabela 7. A quantidade de Lp variou de 0,69 a 1,04%, em base seca. As farinhas das cultivares BRS Louro e BRS Pardela não diferiram significativamente entre si, o que também ocorreu com a farinha das cultivares BRS Timbaúva, BRS Guamirim e BRS Pardela (Tabela 7).

O conteúdo de Lp presente nos amidos nativos pode estar relacionado com o conteúdo de Aa, ou seja, quanto maior o conteúdo de Aa, maior o conteúdo de Lp presente (COPELAND et al., 2009).

O teor de cinzas não variou significativamente ($p \leq 0,05$) entre as farinhas das cultivares analisadas, conforme observado na Tabela 7. O teor de cinzas, para todas as farinhas das cultivares, está de acordo com os parâmetros estabelecidos pela legislação brasileira, no Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Farinha de Trigo (BRASIL, 2005b), que estabelece o intervalo de 0,8 e 1,4%, em base seca.

A fração mineral representada pelo teor de cinzas do trigo está localizada basicamente no pericarpo; por isso há uma quantidade pequena de cinzas presente na farinha de trigo branca, indicando baixa contaminação no processo de moagem (CHIANG, CHEN, CHANG, 2006).

Extração das proteínas de reserva de trigo

Dentre os perfis de GAM identificados para cada um das cultivares analisadas, BRS Louro, BRS Timbaúva, BRS Guamirim e BRS Pardela, não se observou diferença entre os extratos obtidos a partir da farinha branca e a dos três grãos individualizados, conforme apresentado na Tabela 8. Isso demonstra que, para as análises de GAM de trigo, o uso da farinha branca, ao invés do processo moroso de maceração do grão, pode conferir maior agilidade à análise.

A maior elasticidade e a maior força do glúten são encontradas na banda 5+10 (presente na cultivar BRS Pardela), se comparada com outras bandas, o que a indica com boa qualidade na elaboração do pão e na textura (DENG; TIAN; SUN, 2005; MANN et al., 2009).

A combinação 17+18 é boa para elaboração de pães (XU et al., 2005; XU et al., 2008) e se encontra presente na cultivar BRS Pardela (Tabela 8).

A partir de estudos de caracterização dos efeitos das subunidades de GAM sobre o potencial da panificação, genótipos com subunidades no genoma B 17+18 e 5+10 no genoma D apresentam melhor qualidade para panificação do que as variáveis 7+9 (B) e 2+12 (D) (PEÑA, 1997 apud SANTOS, 2008), como ocorre com a cultivar BRS Pardela (Tabela 8).

A característica de um glúten forte está associada principalmente às subunidades 1, 5 e 10; de um glúten fraco, às subunidades 2+12 e *Glu-A1* Nulo (SANTOS, 2008; BRANLARD et al., 2001) e de extensibilidade, à de 2* > 1 > N (BRANLARD et al., 2001); ou seja, a baixa qualidade de elaboração do pão e a fraqueza da massa estão associadas à presença da banda 2+12 (PAYNE et al., 1984) (Tabela 8).

De acordo com Comunicado Técnico nº 85 Embrapa trigo (2002), no trigo brasileiro a melhor combinação de subunidades de GAM para maior qualidade de panificação é a seguinte: genoma A = 1 ou 2*; genoma B = 7+8, 7+9, 13+16 ou 17+18; e genoma D = 5+10. A cultivar BRS Pardela, que dentre as cultivares estudadas apresentou significativamente o maior valor de escore definido com base no perfil de gluteninas de alto peso molecular, contém a melhor combinação para aplicação na panificação (Tabela 7 e 8).

Tabela 8 Perfil de GAM das cultivares de trigo estudadas.

Genótipo	Tipo de amostra	Perfil de GAM			Escore Total
		<i>Glu-A1</i>	<i>Glu-B1</i>	<i>Glu-D1</i>	
BRS Louro	Mistura de Grãos	N	7+9	2+12	5
	Grão 1	N	7+9	2+12	5
	Grão 2	N	7+9	2+12	5
	Grão 3	N	7+9	2+12	5
BRS Timbaúva	Mistura de Grãos	1	7+9	2+12	7
	Grão 1	1	7+9	2+12	7
	Grão 2	1	7+9	2+12	7
	Grão 3	1	7+9	2+12	7
BRS Guamirim	Mistura de Grãos	2*	7+9	2+12	7
	Grão 1	2*	7+9	2+12	7
	Grão 2	2*	7+9	2+12	7
	Grão 3	2*	7+9	2+12	7
BRS Pardela	Mistura de Grãos	2*	17+18	5+10	10
	Grão 1	2*	17+18	5+10	10
	Grão 2	2*	17+18	5+10	10
	Grão 3	2*	17+18	5+10	10

Escores totais calculados a partir de Payne et al., (1987).

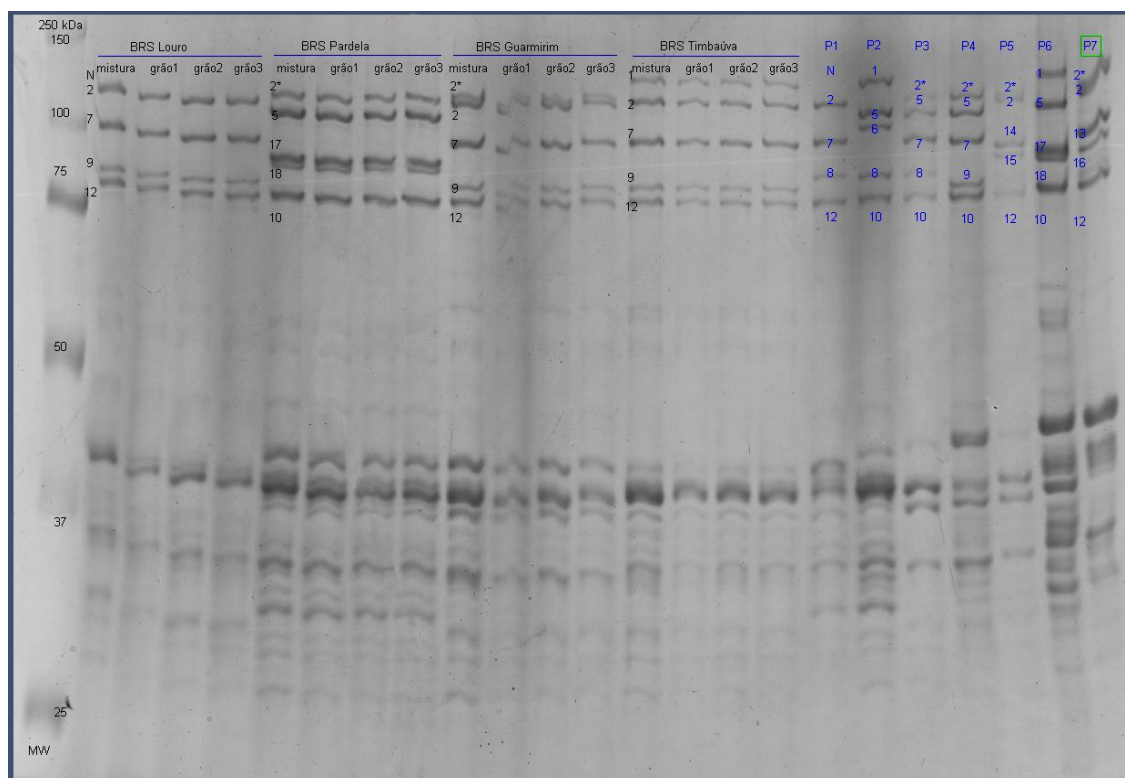


Figura 3 SDS-PAGE de gluteninas de cultivares de trigo. Os números em azul indicam as cultivares de trigo utilizadas como referência: P1 (Chinese Spring), P2 (Hope), P3 (Glenlea), P4 (Neepawa), P5 (Sappo), P6 (Yecora Rojo), P7 (Opata 85), em que estão indicadas as respectivas bandas, cujas massas moleculares se encontram em kilo Dalton (kDa). Cultivares de trigo avaliadas: BRS Louro, BRS Timbaúva, BRS Guamirim, BRS Pardela.

4.3 Caracterização reológica da farinha

Farinografia

O teor de ABS pode ser observado na seguinte ordem: BRS Timbaúva > BRS Guamirim > BRS Pardela > BRS Louro (Tabela 9). A capacidade que a farinha de trigo tem de absorver água define sua qualidade e aptidão em formar uma massa viscoelástica. Pode-se verificar uma tendência da farinha da cultivar BRS Timbaúva em formar massa neste padrão de qualidade (BERTON et al., 2002).

As diferenças nas propriedades de hidratação das partículas da farinha de trigo têm sido relacionadas com fatores bioquímicos, especialmente amido danificado, proteína e conteúdo de pentosanas (BERTON et al., 2002). Algumas publicações apontam que o teor de PB controla a ABS (DEXTER et al., 1994). A farinha de trigo da cultivar BRS Louro, que possui o conteúdo de PB mais baixo (Tabela 7), apresentou a menor ABS (Tabela 9), o que também foi constatado por Chiang, Chen, Chang (2006), em trabalho similar.

Tabela 9 Propriedades farinográficas da massa das quatro farinhas de trigo estudadas.

Cultivar	ABS (%)	TC (min)	TD (min)	TS (min)	EST (min)	ITM (UF)
BRS Louro	53,57 ^d ± 0,17	1,00 ^b ± 0,00	1,50 ^d ± 0,00	3,00 ^d ± 0,00	2,00 ^c ± 0,00	136,67 ^a ± 5,77
BRS Timbaúva	65,45 ^a ± 0,00	1,83 ^{ab} ± 0,29	2,50 ^c ± 0,00	4,17 ^c ± 0,29	2,30 ^c ± 0,29	110,00 ^b ± 0,00
BRS Guamirim	61,43 ^b ± 0,00	1,50 ^{ab} ± 0,00	3,00 ^b ± 0,00	8,50 ^b ± 0,00	7,00 ^b ± 0,00	50,00 ^c ± 0,00
BRS Pardela	59,79 ^c ± 0,00	2,17 ^a ± 0,76	10,50 ^a ± 0,00	16,83 ^a ± 0,76	14,7 ^a ± 1,53	40,00 ^d ± 0,00

Amostras: BRS Louro, BRS Timbaúva, BRS Guamirim e BRS Pardela.

A mesma letra na mesma coluna significa que não há diferença significativa ($p \leq 0,05$).

Propriedades farinográficas: ABS (resultado corrigido para base de 14% de umidade); TD, tempo de desenvolvimento; TC, tempo de chegada; TS, tempo de saída; EST, estabilidade; ITM, índice de tolerância à mistura.

A cultivar BRS Louro apresentou valores significativamente menores em TD, TC, TS e EST, quando comparada às demais, enquanto a cultivar BRS Pardela possui os maiores valores (Tabela 9).

O valor para EST indica o tempo que a massa mantém o máximo de consistência, sinalizando, portanto, a força da massa; ou seja, a EST indica a resistência da massa ao tratamento mecânico e ao tempo de fermentação empregado, principalmente no processo de fabricação de pães (MONTENEGRO; ORMENESE, 2008). Nesse sentido, por ter maior valor de EST, o BRS Pardela (Tabela 9) pode ser direcionado à elaboração de pães.

A farinha da cultivar BRS Pardela apresentou o menor ITM (40,00) (Tabela 9), o que o caracteriza como sendo uma cultivar capaz de formar uma massa forte

(FARINÓGRAFO, 2008), com a menor diferença de consistência da massa entre o TS e TD.

Uma farinha de glúten fraco tem baixa ABS e EST curta, quando comparada a uma farinha de glúten forte (NAEGA, 2008), o que foi observado para a cultivar BRS Louro, quando comparada com a cultivar BRS Pardela (Tabela 9).

De acordo com a curva farinográfica de cada cultivar estudada, Figura 4, e Anexo 5, as farinhas podem ter a seguinte sugestão de caracterização e indicação tecnológica: farinha da cultivar BRS Louro, farinha fraca indicada para a elaboração de bolos e tortas; farinha da cultivar BRS Timbaúva, farinha média, indicada para a elaboração de *crackers* e pizzas; farinha da cultivar BRS Guamirim, farinha forte, indicada para a elaboração de pães; farinha da cultivar BRS Pardela, farinha forte a muito forte, indicada para a elaboração de massas e de pães industriais.

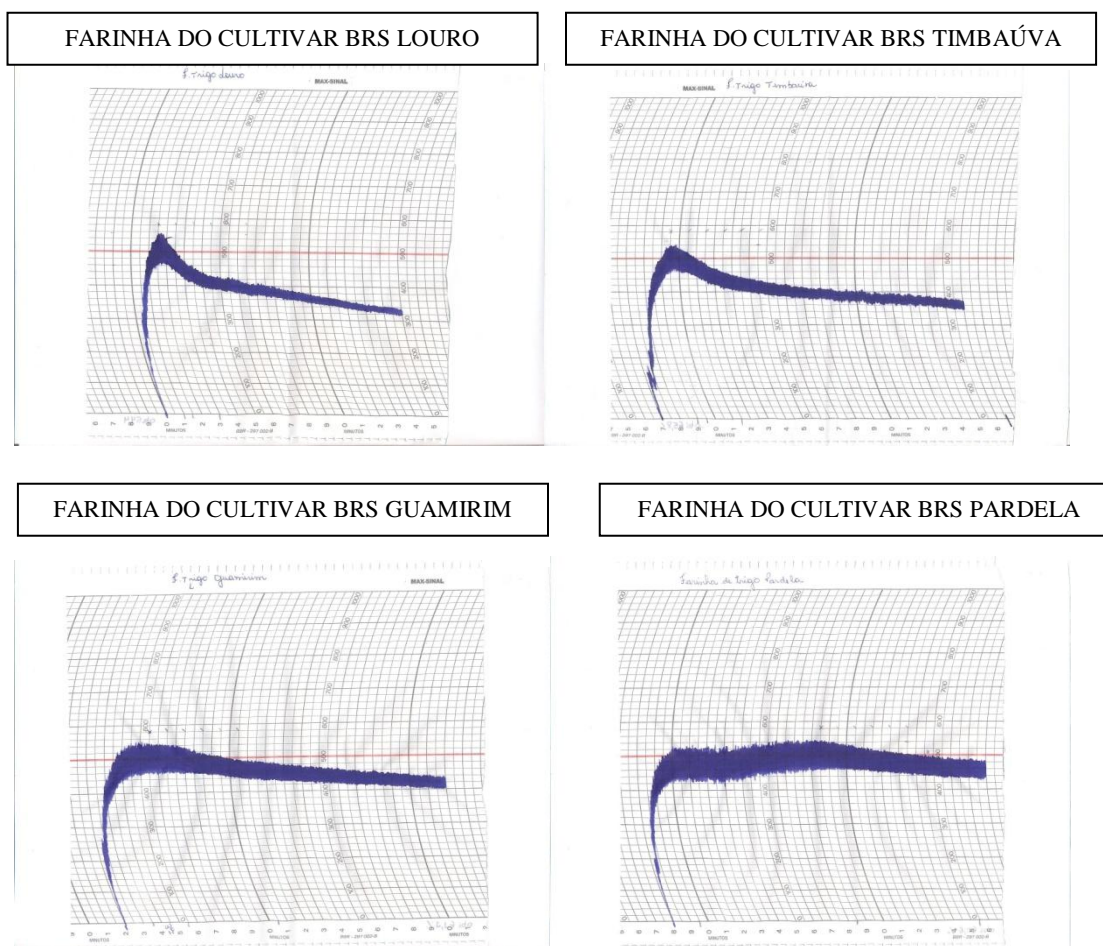


Figura 4 Curva farinográfica de cada farinha das cultivares estudadas.

Extensografia

A Tabela 10 mostra diferentes propriedades extensográficas para as quatro amostras das farinhas das cultivares estudadas. Os diferentes tempos (45, 90 e 135 min) causam aumento na R e na Rm' das massas elaboradas. Os valores das propriedades extensográficas dessas amostras mudam irregularmente. A farinha da cultivar BRS Louro apresentou os valores mais baixos de R, Rm, E, D e A, o que revela a fraca interação entre as moléculas de proteína presentes nessa amostra, como analogamente em Chiang, Chen, Chang (2006).

A área (A) aumentou à medida que o tempo aumentou, e a cultivar BRS Pardela apresentou os maiores valores, quando comparada com os de outras cultivares. Quanto maior for a A, maior será a energia requerida para esticar a massa e, portanto, mais forte será a farinha (MONTENEGRO; ORMENESE, 2008), o que foi observado para a cultivar BRS Pardela (Tabela 10).

Farinha com glúten fraco tem baixa resistência à extensão, quando comparada com farinha com glúten forte (POPPER; SCHÄFER; FREUND, 2006), o que pode ser observado para as cultivares BRS Louro e BRS Pardela, respectivamente (Tabela 10).

Quanto maior o D, maior é a tendência de a massa encolher, e quanto menor o D, maior é a tendência de a massa fluir. Em geral farinhas fortes têm $D > 2,5$ e farinhas fracas, $D < 1,0$ (MONTENEGRO; ORMENESE, 2008), como aconteceu respectivamente com as cultivares BRS Pardela e BRS Louro (Tabela 10).

Tabela 10 Propriedades extensográficas da massa das quatro farinhas de trigo estudadas.

Cultivar	R _m 45 (UE)	R _m 90 (UE)	R _m 135 (UE)	R45 (UE)	R90 (EU)	R135 (UE)
BRS Louro	127,50 ^c ± 14,75	135,00 ^c ± 5,48	145,00 ^c ± 15,16	122,50 ^c ± 11,73	126,67 ^c ± 7,53	141,67 ^c ± 18,35
BRS Timbaúva	101,67 ^c ± 9,83	111,67 ^c ± 14,72	116,67 ^c ± 14,72	96,67 ^c ± 10,33	105,00 ^c ± 17,61	108,33 ^c ± 16,02
BRS Guamirim	351,67 ^b ± 7,53	493,30 ^b ± 35,02	550,00 ^b ± 42,89	250,00 ^b ± 8,94	400,00 ^b ± 76,94	420,00 ^b ± 46,90
BRS Pardela	650,00 ^a ± 140,43	1000,00 ^a ± 0,00	1000,00 ^a ± 0,00	453,33 ^a ± 101,32	831,67 ^a ± 76,27	1000,00 ^a ± 0,00

Cultivar	E45 (cm)	E90 (cm)	E135 (cm)	D45	D90	D135
BRS Louro	146,33 ^b ± 12,11	145,67 ^b ± 6,77	129,50 ^{bc} ± 26,98	0,84 ^{bc} ± 0,07	0,87 ^c ± 0,045	1,11 ^c ± 0,14
BRS Timbaúva	159,17 ^{ab} ± 8,95	171,83 ^a ± 3,92	182,33 ^a ± 17,95	0,61 ^c ± 0,05	0,61 ^c ± 0,105	0,60 ^c ± 0,12
BRS Guamirim	168,00 ^a ± 4,73	163,33 ^a ± 13,54	155,50 ^{ab} ± 13,72	1,49 ^b ± 0,07	2,48 ^b ± 0,587	2,73 ^b ± 0,45
BRS Pardela	152,50 ^{ab} ± 13,81	127,83 ^c ± 7,03	116,67 ^c ± 6,59	3,02 ^a ± 0,88	6,54 ^a ± 0,905	8,59 ^a ± 0,49

Cultivar	A45 (cm ²)	A90 (cm ²)	A135 (cm ²)
BRS Louro	29,87 ^c ± 3,42	31,13 ^c ± 2,74	32,20 ^c ± 8,13
BRS Timbaúva	26,48 ^c ± 4,16	29,72 ^c ± 3,31	33,85 ^c ± 4,25
BRS Guamirim	84,20 ^b ± 2,96	116,00 ^b ± 2,90	122,71 ^b ± 7,61
BRS Pardela	137,37 ^a ± 19,58	168,88 ^a ± 19,42	153,17 ^a ± 5,66

Amostras: BRS Louro, BRS Timbaúva, BRS Guamirim e BRS Pardela.

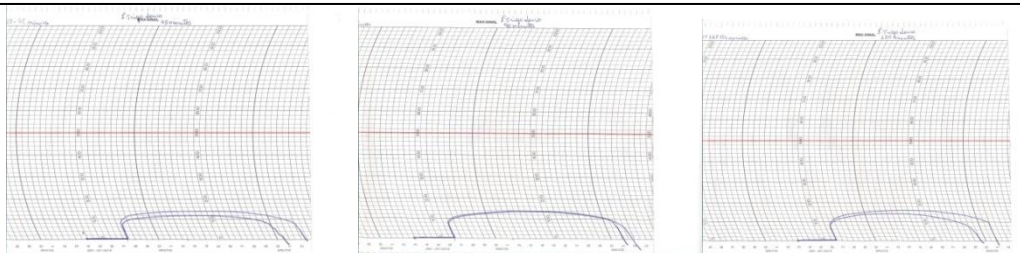
A mesma letra na mesma coluna significa que não há diferença significativa (p≤0,05).

R_m = resistência máxima à extensão, após 45, 90 e 135 minutos. R = resistência à extensão, após 45, 90 e 135 minutos. E = extensibilidade após 45, 90 e 135 minutos. D = número proporcional, após 45, 90 e 135 minutos. A = área (energia) após 45, 90 e 135 minutos.

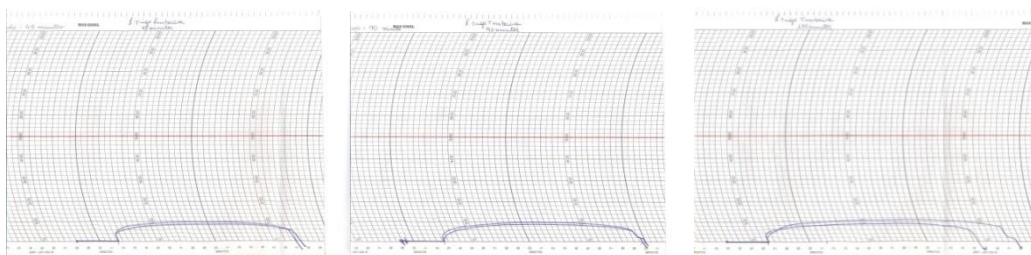
Além de grande extensibilidade, as melhores farinhas para panificação possuem alta resistência à extensão (KOKELAAR; VLIET; PRINS, 1996), como se observou para a cultivar BRS Pardela (Tabela 10).

De acordo com a curva extensográfica de cada cultivar estudada, Figura 5, e Anexo 6, as farinhas podem ter a seguinte sugestão de caracterização de curva extensográfica e indicação tecnológica: farinha da cultivar BRS Louro, extensível, indicada para a elaboração de biscoitos; farinha da cultivar BRS Timbaúva, extensível, indicada para a elaboração de biscoitos; farinha da cultivar BRS Guamirim, elástica e extensível, indicada para a elaboração de pães; farinha da cultivar BRS Pardela, rígida e curta, indicada para a elaboração de macarrão.

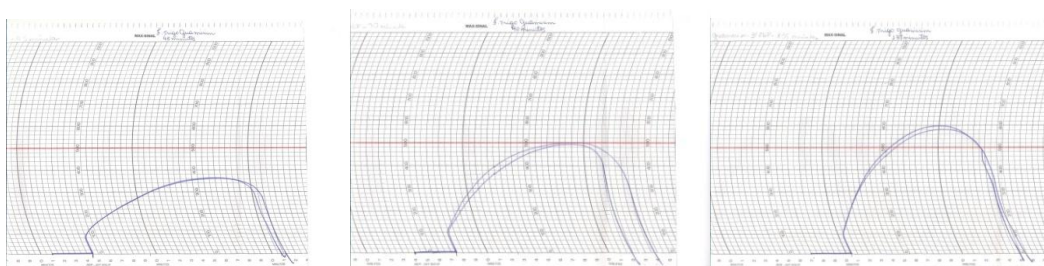
FARINHA DO CULTIVAR BRS LOURO - (45, 90 e 135 min)



FARINHA DO CULTIVAR BRS TIMBAÚVA - (45, 90 e 135 min)



FARINHA DO CULTIVAR BRS GUAMIRIM - (45, 90 e 135 min)



FARINHA DO CULTIVAR BRS PARDELA - (45, 90 e 135 min)

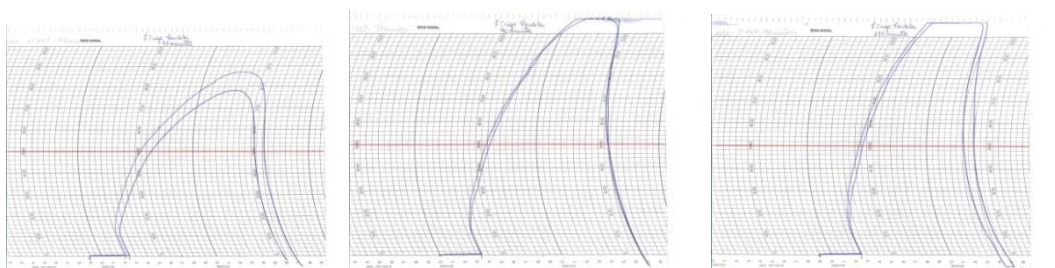


Figura 5 Curva extensográfica de cada farinha das cultivares estudadas.

Atividade da enzima α -amilase

O NQ das farinhas das cultivares BRS Guamirim e BRS Pardela apresentou-se significativamente equivalente e superior ao das demais cultivares, BRS Timbaúva e BRS Louro ($p \leq 0,05$), conforme observado na Tabela 11.

De acordo com o Anexo 7, os valores do NQ das farinha das cultivares analisadas foram altos, o que indica baixa atividade amilolítica, estando de acordo com valores obtidos por Hruskova, Svec e Jirsa (2006).

Tabela 11 Número de queda das farinhas estudadas.

	NQ (s)	Umidade (%)
BRS Louro	430,00 ^b ± 16,27	13,21
BRS Timbaúva	410,25 ^b ± 5,91	13,73
BRS Guamirim	470,50 ^a ± 15,93	14,16
BRS Pardela	488,75 ^a ± 21,31	13,26

Valores médios ± DP de determinações em triplicata com três repetições.

Valores médios na mesma coluna, seguidos por letras diferentes, são significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Análise determinada de acordo com método da AACC (2000). NQ é o número de queda.

Perfil de viscosidade

De acordo com a Tabela 12 e a Figura 6, a $V_{máx}$ para farinha das cultivares BRS Louro (3169,50) e BRS Pardela (2853,00cP) apresentou-se significativamente superior ($p \leq 0,05$) ao das farinhas das cultivares BRS Timbaúva (2431,33cP) e BRS Guamirim (2261,33cP) ($p \leq 0,05$). Como escrito por Wickramasinghe et al., (2005), as farinhas das cultivares de trigo mole contêm a maior $V_{máx}$, o que está de acordo com as farinhas das cultivares estudadas, em que a cultivar BRS Louro é definida como trigo semi mole (Anexo 4).

A farinha da cultivar BRS Timbaúva apresentou o menor tARV ($p \leq 0,05$) para atingir a $V_{máx}$ (5,95min) (Tabela 12), ou seja, atingiu a $V_{máx}$ mais rapidamente do que a das outras cultivares.

A farinha da cultivar BRS Timbaúva apresentou $V_{mín}$ significativamente inferior à das demais ($p \leq 0,05$), à temperatura constante, com 918,00cP e para V_f , com 2161,33cP (Tabela 12). Os valores de $V_{mín}$ à temperatura constante de 95°C e V_f observados podem estar relacionados ao maior conteúdo de Aa no amido (constatado na análise de Aa). Isso pode acontecer porque a amilose, juntamente com a amilopectina, caracteriza o comportamento de gelatinização de determinada amostra contendo amido (THOMAS; ATWELL, 1999). A propriedade de geleificação ou a massa viscoelástica formada e estudada no ARV é dependente do conteúdo de amilose presente. Em geral, um aumento no teor de amilose atribui maior firmeza à massa (THOMAS; ATWELL, 1999).

Tabela 12 Perfil de viscosidade de cada farinha das cultivares estudadas.

Cultivar	ARV						
	V _{máx} (cP)	t _{ARV} (min)	V _{mín} a T _{cte} (cP)	V _f (cP)	T _{ARV} (°C)	B _d (cP)	S _b (cP)
BRS Louro	3169,50 ^a ± 40,30	6,52 ^a ± 0,04	1217,50 ^a ± 0,70	3447,50 ^a ± 84,15	60,80 ^a ± 0,42	939,67 ^b ± 31,50	1117,50 ^a ± 0,5
BRS Timbaúva	2431,33 ^b ± 24,78	5,95 ^b ± 0,11	918,00 ^b ± 13,00	2161,33 ^c ± 51,93	57,38 ^b ± 0,42	1188,00 ^a ± 41,33	918,00 ^c ± 13,00
BRS Guamirim	2261,33 ^b ± 278,23	6,27 ^a ± 0,13	1122,67 ^a ± 46,80	2892,00 ^b ± 301,26	58,73 ^{ab} ± 0,62	492,00 ^c ± 38,00	1122,67 ^b ± 46,80
BRS Pardela	2853,00 ^a ± 55,65	6,28 ^a ± 0,04	1139,33 ^a ± 38,69	3044,00 ^{ab} ± 54,69	58,83 ^{ab} ± 1,22	948,33 ^b ± 30,73	1139,33 ^{ab} ± 38,69

Valores médios ± DP de determinações em triplicata, com três repetições.

Valores médios na mesma coluna, seguidos por letras diferentes, são significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Análise determinada de acordo com método da AACC (2000).

V_{máx} é a viscosidade máxima, t_{ARV} é o tempo de viscosidade máxima, V_{mín} é a viscosidade mínima, V_f é a viscosidade final, T_{ARV} é a temperatura de pasta, B_d é corresponde à quebra de viscosidade, S_b corresponde à retrogradação do amido.

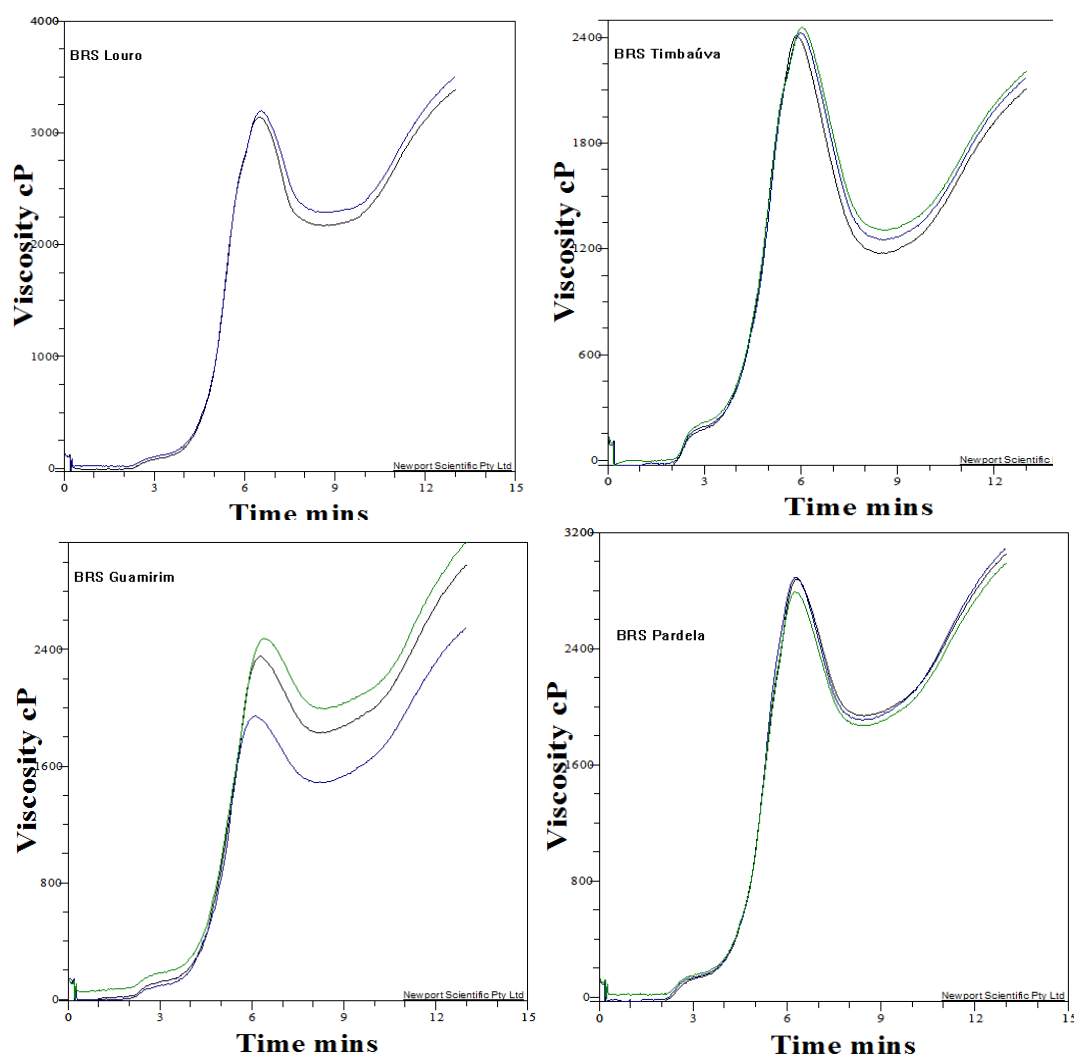


Figura 6 Curvas de viscosidade de cada farinha das cultivares estudadas.

A farinha da cultivar BRS Louro demonstrou TARV significativamente igual à das cultivares BRS Guamirim e BRS Pardela e superior à da cultivar BRS Timbaúva, que também demonstrou ser estatisticamente igual à BRS Guamirim e à BRS Pardela (Tabela 12), ou seja, somente BRS Louro e BRS Timbaúva foram diferentes estatisticamente.

Com relação ao Bd, a farinha da cultivar BRS Timbaúva apresentou-se significativamente superior ($p \leq 0,05$) às farinhas de todas as outras cultivares (1188cP), seguida pelas farinhas das cultivares BRS Louro (939,67 cP) e BRS Pardela (948,33cP). O menor valor para o Bd foi observado para a farinha da cultivar BRS Guamirim (492cP) (Tabela 12).

Quando o conteúdo de amilose é resfriado, depois de atingir o máximo da viscosidade, acontece a retrogradação, indicada pelo Sb, que deixa a pasta de amido opaca e com tendência à perda de água (THOMAS; ATWELL, 1999).

No Sb, as farinhas das cultivares BRS Louro (1117,50cP) e BRS Pardela (1139,33cP) apresentam valores significativamente superiores ($p \leq 0,05$) aos das demais farinhas estudadas, e as farinhas das cultivares BRS Guamirim e BRS Pardela apresentam-se com valores estatisticamente iguais, para a variável Sb (Tabela 12).

O Sb reflete o grau de retrogração da pasta de amido; quanto menor o Sb, menor a retrogradação e, conseqüentemente, a sinerese (LIMBERGER et al., 2008), o que pode caracterizar a farinha da cultivar BRS Timbaúva, que obteve o menor valor significativo ($p \leq 0,05$), (918,00cP) para o Sb (Tabela 12).

Os menores valores para viscosidade observados na farinha da cultivar BRS Timbaúva reiteram que, quanto menor o NQ (maior a atividade α -amilásica), menor é a viscosidade, devido às quebras no interior das moléculas de amido (FARONI et al., 2002)

Conteúdo de glúten

Tanto na análise percentual de GU quanto na de GS, as farinhas das cultivares BRS Guamirim e BRS Pardela apresentam-se estatisticamente iguais e inferiores às demais cultivares BRS Timbaúva e BRS Louro ($p \leq 0,05$), conforme observado na Tabela 13.

Com relação ao índice de glúten, que é uma forma de medir a força do glúten (LI et al., 2006), as farinhas das quatro cultivares apresentaram-se significativamente diferentes entre si ($p \leq 0,05$), com a cultivar BRS Pardela mostrando o maior valor (95,82) (Tabela 13), sendo considerada, então, uma farinha de cultivar com glúten forte, conforme trabalho similar (POPPER, SCHÄFER, FREUND, 2006).

De acordo com Montenegro e Ormenese (2008), em relação ao índice de glúten (Anexo 9), a farinha da cultivar BRS Pardela pode ser classificada como muito boa; a da BRS Guamirim, como boa; a do BRS Timbaúva e do BRS Louro, como fraca.

Nos resultados analisados, o aumento do teor de GU e GS se intensifica à medida que diminui o teor de PB, o que difere de muitas publicações, como de Kulkarni et al., (1987) segundo as quais o teor de GU e o de GS aumentam com o aumento do conteúdo de PB nas farinhas. Isso pode acontecer especialmente para o trigo nacional, pois os fatores fenotípicos e genotípicos influenciam a cultivar; além disso, o conteúdo PB é formado por proteínas solúveis (albuminas e globulinas) e proteínas de reserva (prolaminas e glutelinas).

Os maiores valores de ABS estão provavelmente relacionados aos maiores valores de GU (COSTA et al., 2008), como observado na farinha da cultivar BRS Timbaúva, conforme constatado na ABS efetuada na farinografia.

Tabela 13 Teor de glúten de cada farinha das cultivares estudadas.

	GU (%)	GS (%)	IG
BRS Louro	58,22 ^a ± 1,49	15,20 ^a ± 0,88	28,91 ^d ± 1,13
BRS Timbaúva	61,30 ^a ± 5,46	15,27 ^a ± 1,89	33,75 ^c ± 1,92
BRS Guamirim	35,50 ^b ± 0,99	12,22 ^b ± 0,53	80,77 ^b ± 2,66
BRS Pardela	33,40 ^b ± 0,67	11,17 ^b ± 0,05	95,82 ^a ± 1,86

Valores médios ± DP de determinações em triplicata, com três repetições.

Valores médios na mesma coluna, seguidos por letras diferentes, são significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Análise determinada de acordo com método da AACC (2000).

GU é o glúten úmido, GS é o glúten seco, IG é o índice de glúten.

Granulometria

Na análise granulométrica observou-se que todas as farinhas das cultivares respeitaram a legislação brasileira (BRASIL, 2005b); 95% das amostras passaram pela peneira com malha de 250 µm. Conforme a Tabela 14, constatou-se que a farinha da cultivar BRS Louro apresentou maior granulometria, pelo fato de conter maior quantidade em percentual de amostra de material retido, nas peneiras com mesh Tyler 80 e 100, que têm malha com a abertura maior do que o fundo, onde ficou retido maior percentual de amostra das farinhas das outras cultivares, principalmente da cultivar BRS Timbaúva, além da BRS Guamirim e da BRS Pardela.

Tabela 14 Tamanho de partícula de cada farinha das cultivares estudadas.

Tyler	30	40	60	80	100	Fundo	Peso
Abertura (µm)	600	425	250	180	150	<150	Recuperado
Cultivar	Material Retido (% médio)						
BRS Louro	0,35	0,73	0,41	27,09	44,71	26,19	98,96
BRS Timbaúva	0,14	0,34	0,42	1,46	11,50	85,86	99,32
BRS Guamirim	0,29	0,32	0,45	5,22	19,55	73,92	99,75
BRS Pardela	0,05	0,27	0,49	1,79	19,24	78,23	99,57

Análise determinada de acordo com método da AACC (2000).

Teste de avaliação do produto

O VE do pão elaborado com a farinha da cultivar BRS Pardela (18,34) apresentou-se significativamente superior ($p \leq 0,05$) ao do preparado com as demais farinhas. O VE dos pães elaborados com as farinhas das cultivares BRS Louro e BRS Timbaúva apresentou-se significativamente inferior ($p \leq 0,05$) ao preparado com as demais, com os valores de 12,04 para o VE do pão elaborado com a farinha da cultivar BRS Louro e 12,45 para o BRS Timbaúva (Tabela 15).

O VE dos pães é afetado pelo conteúdo proteico das farinhas de trigo (FINNEY, 1984; GRAYBOSCH et al., 1993), sendo que um baixo conteúdo proteico está relacionado à qualidade pobre de panificação (JANSSEN; VAN VLIET; VEREIJCKENS, 1996), o que pode ser observado comparando-se os teores de PB e o VE das farinhas e dos pães referentes às cultivares estudadas (Tabelas 7 e 15).

A GAM 5+10 (presente na cultivar BRS Pardela) está mais associada ao VE do que GAM 2+12 (BRANLARD; DARDEVET, 1985), o último está presente nas outras cultivares, conforme demonstrado na Tabela 8.

Tabela 15 Panificação experimental: características externas dos pães elaborados com cada farinha das cultivares estudadas.

Cultivar	Características externas			
	VE	CorC	Q	Sim
BRS Louro	12,04 ^c ± 0,96	6,5 ^c ± 0,00	0,50 ^c ± 0,00	2,33 ^b ± 0,29
BRS Timbaúva	12,45 ^c ± 0,36	7,5 ^b ± 0,00	0,00 ^d ± 0,00	2,33 ^b ± 0,29
BRS Guamirim	14,97 ^b ± 1,11	8,5 ^a ± 0,00	2,17 ^b ± 0,29	3,50 ^a ± 0,00
BRS Pardela	18,34 ^a ± 1,06	9,0 ^a ± 0,00	4,00 ^a ± 0,00	3,83 ^a ± 0,29

Análise experimental de panificação descrita por El-Dash (1978).

VE corresponde ao volume específico, CorC à cor da crosta, Q à quebra do pão e Sim à simetria.



Análise experimental de panificação descrita por El-Dash (1978).

Figura 7 Características externas dos pães elaborados com cada farinha das cultivares estudadas. Vista superior externa dos pães (A) e vista lateral externa dos pães (B).

Com relação às características externas, avaliadas sem cortar o pão:

A CorC variou significativamente ($p \leq 0,05$) entre os pães elaborados com as farinhas das cultivares analisadas, conforme observado na Tabela 15. O menor valor para CorC foi verificado no pão elaborado com a farinha da cultivar BRS Louro (6,5), apresentando coloração mais clara para cor da crosta (Figura 7A).

Os maiores valores para CorC foram observados nos pães elaborados com as farinhas das cultivares BRS Guamirim (8,5) e BRS Pardela (9,0) (Tabela 15), com a coloração mais escura (Figura 7B). Isso pode ser justificado pelo fato de as farinhas das cultivares BRS Guamirim e BRS Pardela possuírem os maiores PB (Tabela 7), já que, segundo Cuq et al., (2003), açúcares, juntamente com proteína, produzem compostos marrons (melanoidinas) que dão cor ao produto e proporcionam mudanças irreversíveis. Essa transformação, em que há degradações nos carboidratos, formação de compostos de alto peso molecular (contendo nitrogênio) e formação de produtos voláteis responsáveis pelo cheiro característico (provenientes, em grande parte, da degradação de Strecker), denomina-se reação de Maillard (BOBBIO; BOBBIO, 1992).

Os teores da Q apresentaram diferenças significativas em todos os pães elaborados com as farinhas das diferentes cultivares analisados ($p \leq 0,05$), havendo destaque para o pão elaborado com farinha da cultivar BRS Pardela com o maior valor (4,00) (Tabela 15).

A Q, analisada normalmente nas laterais do pão, demonstra o aspecto de rede formada, apresentando rasgos. Assim, ela apresentou destaque para os pães elaborados com as cultivares BRS Guamirim e BRS Pardela (Figura 7B). Na prática, a Q pode ser avaliada em um pão com volume bom, pois um pão sem volume não apresenta quebra.

Com relação à Sim, os pães preparados com as farinhas das cultivares BRS Guamirim (3,50) e BRS Pardela (3,83) apresentaram-se superiores e significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) dos demais pães elaborados com as cultivares BRS Louro e BRS Timbaúva, que contêm o mesmo valor entre si 2,33 (Tabela 15). Os pães elaborados com farinhas das cultivares BRS Guamirim e BRS Pardela apresentam-se com formato e modelagem uniformes, ou seja, sem formato, torto na extremidade da massa ou achinelado (Figuras 7A e 7B).

Com relação às características internas e organolépticas dos pães elaborados:

A CC foi significativamente ($p \leq 0,05$) superior para o pão preparado com a farinha da cultivar BRS Pardela (3,83), e inferior para os elaborados com as farinhas das cultivares

BRS Louro (1,67) e BRS Timbaúva (2,00) (Tabela 16). Na Figura 8 observa-se o quanto a CorC do pão elaborado com a farinha da cultivar BRS Pardela apresentou-se mais dourada, podendo caracterizar-se como um atributo atrativo para o consumidor.

Para o atributo CorM, os pães preparados com as farinhas das cultivares BRS Guamirim e BRS Pardela apresentaram-se significativamente superiores ($p \leq 0,05$), ambos com o valor 9,00; esse atributo mostrou-se significativamente inferior ($p \leq 0,05$) ao pão elaborado com a farinha da cultivar BRS Louro (6,33) (Tabela 16). A CorM do pão é uma função inicial da cor da massa, de acordo com os componentes que fazem parte dela, seguida por reações de caramelização e carbonização, que ocorrem a temperaturas superiores a 150°C e, reação de Maillard abaixo de 150°C (HADIYANTO et al., 2007).

Tabela 16 Panificação experimental: características internas e organolépticas.

Cultivar	Características internas				Aroma e Gosto	
	CC	CorM	CelM	Tex	Ar	G
BRS Louro	1,67 ^c ± 0,28	6,33 ^c ± 0,28	4,50 ^c ± 0,00	5,17 ^c ± 0,29	6,5 ^c ± 0,00	11,50 ^c ± 0,00
BRS Timbaúva	2,00 ^c ± 0,00	8,00 ^b ± 0,00	5,00 ^c ± 0,00	5,83 ^c ± 0,29	7,0 ^b ± 0,00	12,00 ^{bc} ± 0,00
BRS Guamirim	3,00 ^b ± 0,28	9,00 ^a ± 0,00	7,17 ^a ± 0,29	7,67 ^b ± 0,58	8,0 ^a ± 0,00	12,33 ^{ab} ± 0,58
BRS Pardela	3,83 ^a ± 0,00	9,00 ^a ± 0,00	6,33 ^b ± 0,29	9,00 ^a ± 0,00	9,0 ^a ± 0,00	13,00 ^a ± 0,00

Análise experimental de panificação, descrita por El-Dash (1978).

As características internas se referem ao miolo do pão: CC corresponde à sua característica, CorM à sua cor, CelM à sua célula, Tex à sua textura, Ar ao aroma e G ao seu gosto.

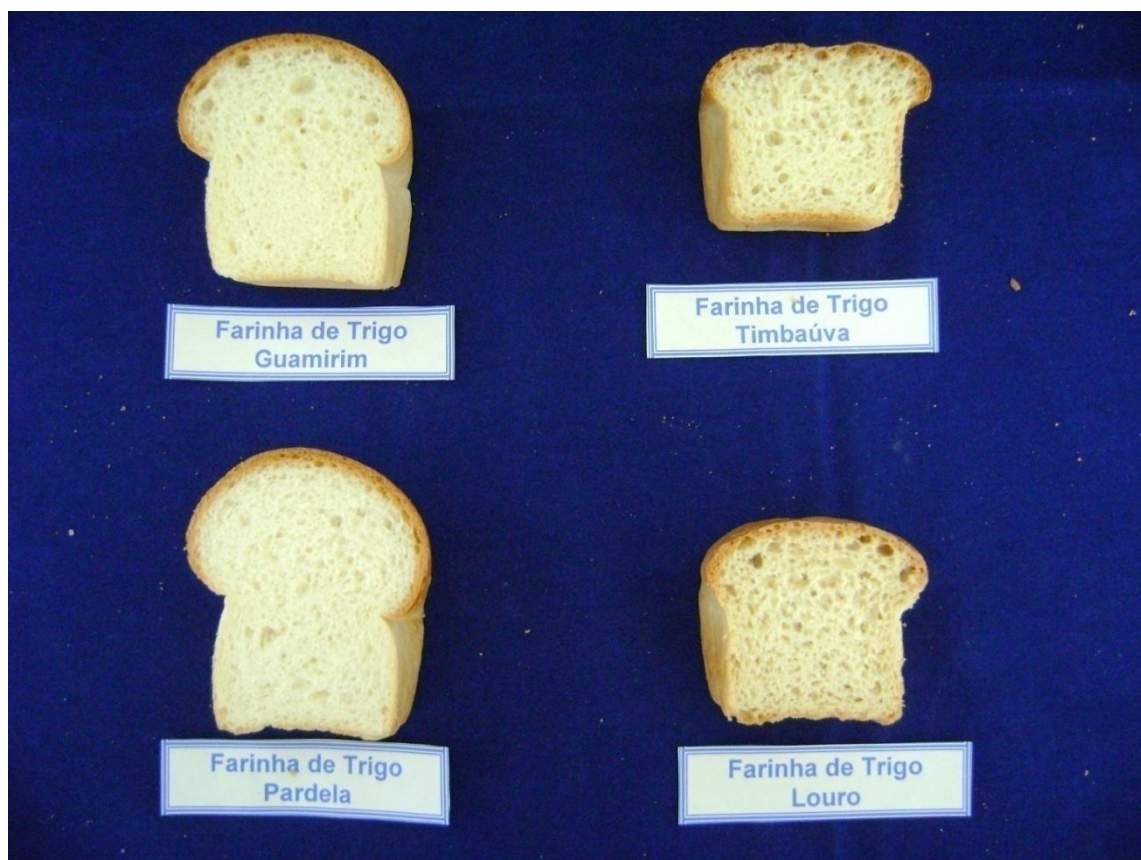


Figura 8 Vista interna dos elaborados com cada farinha das cultivares estudadas.

Análise experimental de panificação, de acordo com El-Dash (1978).

A CelM foi significativamente superior ($p \leq 0,05$) para o pão elaborado com a farinha da cultivar BRS Guamirim (7,17), seguida pelo elaborado com a farinha da cultivar BRS Pardela (6,33) e significativamente inferior para o pão preparado com as farinhas das cultivares BRS Louro (4,5) e BRS Timbaúva (5,0) (Tabela 16).

A EM repercute na aceitabilidade do produto (ANGIOLONI; COLLAR, 2009), já que a qualidade do miolo de um pão pode estar relacionada à porosidade do produto. CelM são os pequenos buracos do miolo do pão que aparecem quando a rede de glúten não suporta a fermentação e rompe; é observada a partir dos dados apresentados na Tabela 16, os quais mostraram que as farinhas das cultivares BRS Guamirim e BRS Pardela possuem células miolo maiores e, portanto, mais indicadas à elaboração de pães, quando comparadas com as das outras cultivares estudadas.

O atributo sensorial Tex foi significativamente superior ($p \leq 0,05$) para um pão elaborado com a farinha da cultivar BRS Pardela (9,00), e inferior para as farinhas das cultivares BRS Louro (5,17) e BRS Timbaúva (5,83) (Tabela 16). A característica de Tex

dos pães preparados para o estudo estão de acordo com o sugerido por Graybosch et al., (1993), para quem a Tex é determinada pela composição PB e Lp presentes.

Segundo os resultados apresentados, o atributo Ar do pão obteve destaque para os pães elaborados com as farinhas das cultivares BRS Guamirim (8,00) e BRS Pardela (9,00), sendo significativamente superiores ($p \leq 0,05$) aos demais, enquanto o pão preparado com a farinha da cultivar BRS Louro (6,5) caracterizou-se como inferior aos demais (Tabela 16). O Ar do pão composto é determinado por vários agrupamentos químicos, como álcoois, aldeídos, cetonas, ácidos, ésteres, produzidos por processos como a oxidação lipídica, fermentação, reações de caramelização e reação de Maillard (ACREE; BARNARD; CUNNINGHAM, 1984); depende da concentração dos compostos voláteis presentes e da detecção olfativa (FEILLET, 2000 apud CAYOT, 2007).

O atributo G foi significativamente superior ($p \leq 0,05$) para os pães elaborados com as farinhas das cultivares BRS Pardela (13,00) e BRS Guamirim (12,33) e significativamente inferior ($p \leq 0,05$) para os pães elaborados com as farinhas das cultivares BRS Louro (11,50) e BRS Timbaúva (12,00). Além disso, os pães preparados com as farinhas das cultivares BRS Timbaúva e BRS Guamirim são caracterizados significativamente ($p \leq 0,05$) como iguais (Tabela 16).

De forma geral, a qualidade dos produtos panificáveis pode ser avaliada pela perda de peso, volume, estabilidade da cor e aparência da crosta e do miolo, características importantes e parâmetros fundamentais para traçar o perfil dos produtos (GIANNOU; TZIA, 2007) apreciados pelo mercado consumidor.

4.4 Caracterização microscópica das cultivares e suas farinhas

Sendo o endosperma amídico, um dos quatro tecidos morfológicamente diferentes presentes em todos os grãos dos cereais, juntamente com o pericarpo, o gérmen e a camada de aleurona (AUTI; SALMENKALLIO-MARTILLA, 2001), torna-se relevante observar as diferenças existentes na sua microestrutura; por isso, utilizando-se microscopia eletrônica de varredura (MEV), comparou-se a microestrutura do endosperma dos grãos das cultivares BRS Louro, BRS Timbaúva, BRS Guamirim e BRS Pardela (Figura 9).

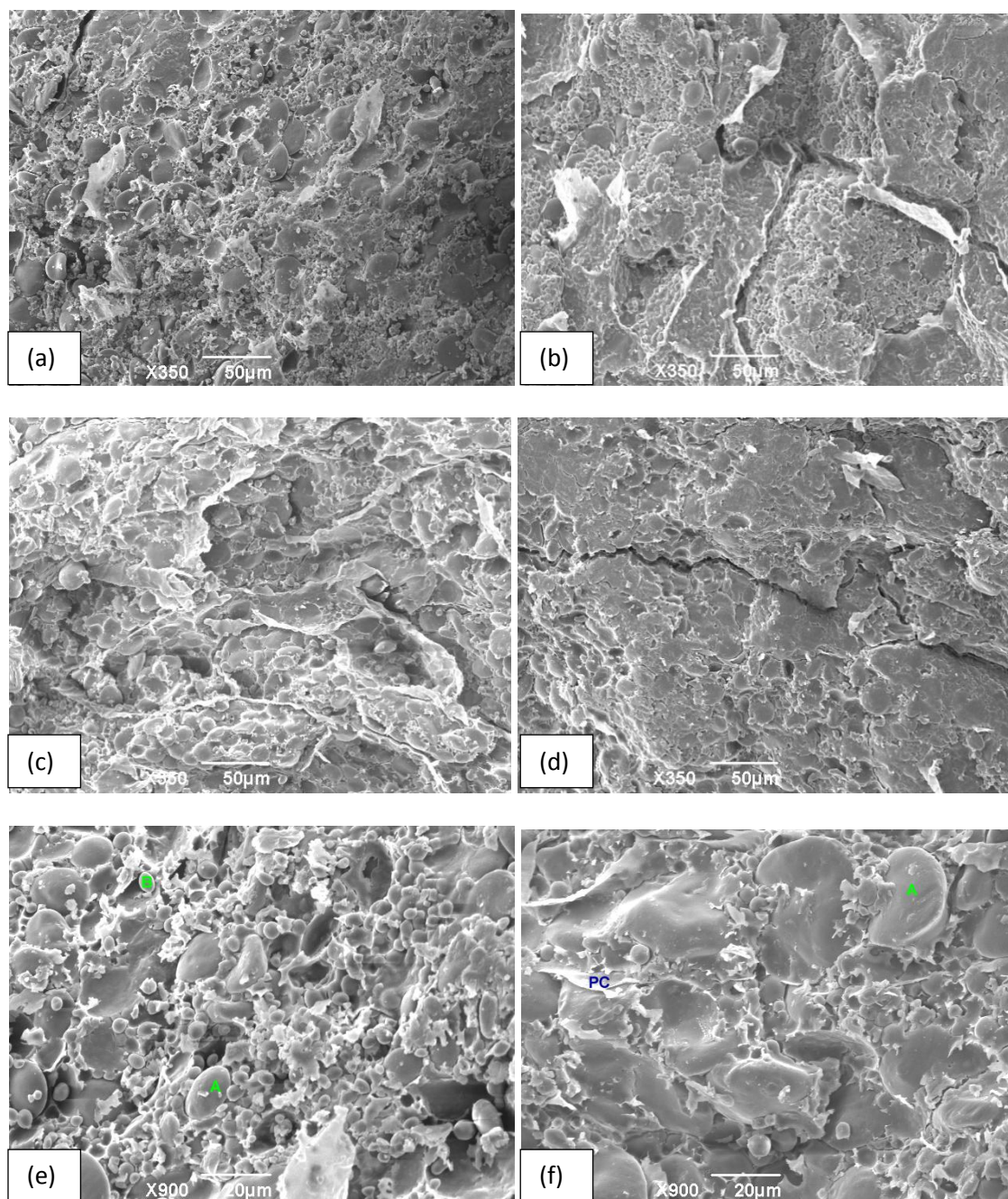


Figura 9 Microscopia eletrônica de varredura (MEV) dos grãos das cultivares de trigo. (a) BRS Louro (350X); (b) BRS Timbaúva (350X); (c) BRS Guamirim (350X); (d) BRS Pardela (350X); (e) BRS Louro (900X), grânulos de amido tipo B (B) e grânulos de amido tipo A (A); (f) BRS Guamirim (900X), grânulos de amido tipo A (A) e parede celular (PC).

Comparando as quatro cultivares, observou-se que o endosperma do grão da cultivar BRS Louro (Figura 9a) apresenta estrutura mole, com paredes celulares menos visíveis e com quantidade de grânulos de amido tipo B (formato esférico e diâmetro inferior a 10µm) maior do que do amido tipo A (formato lenticular e possuir diâmetro com cerca de 20µm) (Figura 9e).

O endosperma do grão da cultivar BRS Timbaúva (Figura 9b) mostrou bastante compacto, com excesso de grânulos de amido tipo B e quantidade visualmente similar à da cultivar BRS Louro, além de possuir grânulos de amido de diferentes tamanhos.

O endosperma do grão da cultivar BRS Guamirim (Figura 9c) mostrou paredes celulares bem definidas, grânulos de amido tipo A em tamanho grande (Figura 9f) e estrutura semi-compacta do endosperma.

Já o endosperma do grão da cultivar BRS Pardela (Figura 9d) apresentou a estrutura mais compacta, em que os grânulos de amido e a matriz de proteína estão fortemente ligados.

Segundo Dobraszcyk (1994), o grau de adesão existente entre os grânulos de amido e a matriz proteica que o circunda e a proporção entre esses componentes determinam a resistência à fratura do grão; portanto, as características de moagem.

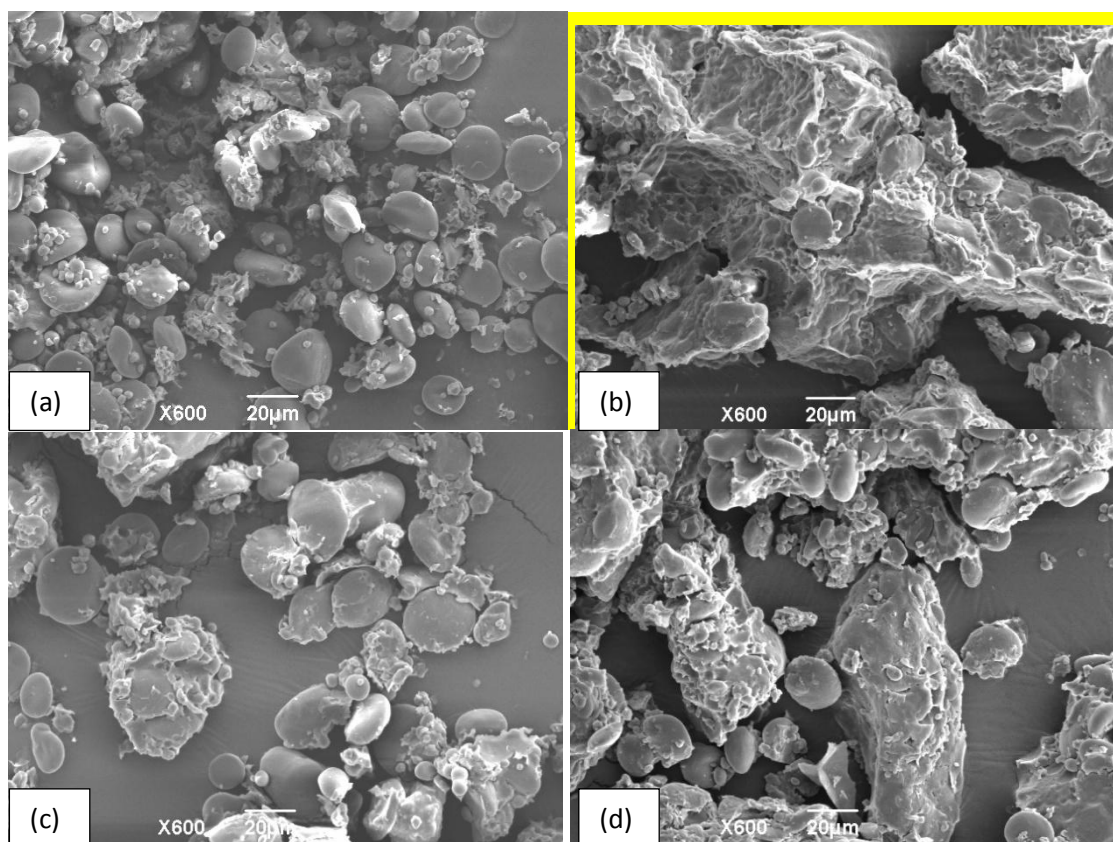


Figura 10 Microscopia eletrônica de varredura das farinhas de trigo: (a) BRS Louro (600X); (b) BRS Timbaúva (600X); (c) BRS Guamirim (600X); (d) BRS Pardela (600X).

A partir da observação das farinhas das cultivares (Figura 10) constatou-se que a farinha da cultivar BRS Louro (Figura 10a) mostrou elevado número de grânulos de amido tipo B, os quais aparecem com a superfície lisa e fora da matriz proteica.

A farinha da cultivar BRS Timbaúva (Figura 10b) apresentou grande quantidade de grânulos de amido tipo B, compactados entre si e com a matriz proteica. A da cultivar BRS Timbaúva, juntamente com a da cultivar BRS Pardela, demonstrou estrutura compacta, em que a matriz proteica e o amido estão bem compactos.

A farinha da cultivar BRS Guamirim (Figura 10c) apresentou partículas mais aglomeradas, com grânulos de amido aderidos à matriz proteica.

A farinha da cultivar BRS Pardela (Figura 10d) apresentou-se com estrutura bem compacta, com paredes celulares grossas e estruturadas e, aparentemente, com quantidade similar de grânulos de amido tipo A e tipo B.

4.5 Influência dos parâmetros de qualidade nas cultivares

Para analisar as diferentes características de qualidade e a influência das cultivares utilizou-se análise de componentes principais (ACP).

A Figura 11 mostra a projeção das variáveis estudadas no primeiro grupo de ACP, definida no primeiro plano por 2 fatores (1 e 2), os quais descrevem cerca de 46% e 39% de variância, respectivamente. O gráfico mostra que as variáveis cujos vetores estão próximos uns dos outros representam variáveis positiva e fortemente correlacionadas entre si.

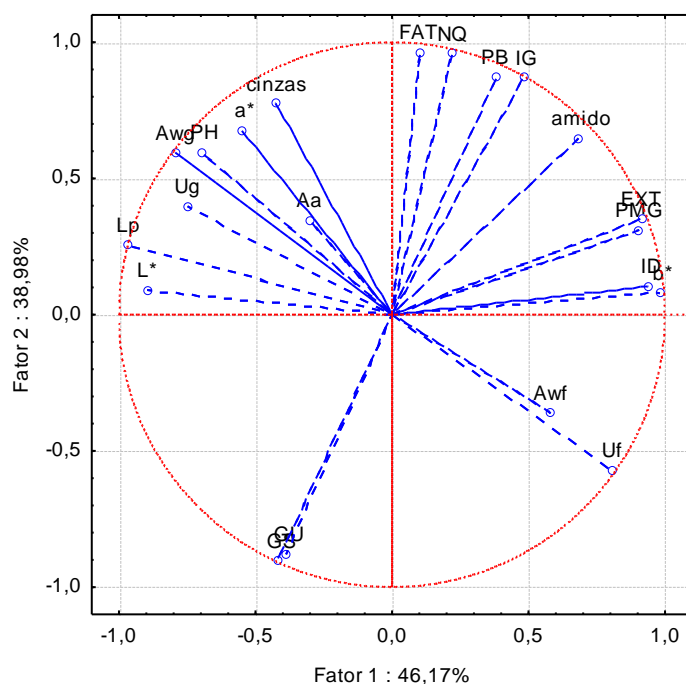


Figura 11 Análise de componentes principais entre caracterização física das cultivares e físico química das farinhas estudadas, glúten e número de queda. As variáveis foram L* luminosidade, Lp lipídeos, Ug umidade do grão, Awg atividade de água do grão, PH peso do hectolitro, a* coordenada de cromaticidade a*, Aa amilose aparente, cinzas, FAT fibra alimentar total, NQ número de queda, PB proteína bruta, IG índice de glúten, amido, Ext extração, PMG peso de mil grãos, ID índice de dureza, b* coordenada de cromaticidade b*, Awf atividade de água da farinha, Uf umidade da farinha, GU glúten úmido, GS glúten seco.

Também se correlacionaram positiva e fortemente PMG e EXT. O PMG pode estar relacionado ao percentual de endosperma, ou seja, quanto maior o PMG, melhor a sanidade do grão, podendo ser maior o rendimento da farinha extraída, e vice-versa.

Outra importante correlação positiva e forte correspondeu à Awg e Ug, o que demonstra que o aumento da Ug propicia também disponibilidade de água livre ao desenvolvimento fúngico. O mesmo ocorreu entre Awf e Uf.

Os resultados igualmente demonstraram correlação positiva e forte entre ID e EXT. A dureza se refere ao grau de adesividade entre as moléculas de amido e proteína e depende diretamente da continuidade da matriz proteica do endosperma (STENVERT; KINGSWOOD, 1977), o que está intrinsecamente relacionado ao percentual de extração de farinha. Grãos mais duros, em geral, produzem maior rendimento em farinha, e vice-versa.

Além da EXT, o ID também correlaciona-se positiva e fortemente com a cor relacionada à coordenada de cromaticidade b*. Segundo Ortolan (2006), a dureza (grau de resistência à deformação) é um parâmetro físico definido por fatores genéticos que influem

na concentração de minerais, pigmentos e atividade enzimática, repercutindo assim na cor da farinha.

Houve correlação positiva e forte entre PB e IG; isso ocorreu porque o IG consiste na relação percentual existente entre o peso do glúten úmido e o peso do glúten seco.

A Figura 11 mostra, também, que há variáveis cujos vetores estão relativamente próximos uns dos outros, ou seja, correlacionadas moderada e positivamente, dentre elas destacam-se às relacionadas às características de cor e amilose, em que L^* está correlacionada com GS, a^* com IG e b^* com NQ e, esse último, correlacionou-se com Aa.

Uma diminuição do teor PB faz com que a farinha de trigo fique mais clara, o que pode explicar a correlação moderada entre L^* e GS (ORTOLAN, 2006).

A correlação entre a^* e IG pode ser explicada pelo escurecimento causado na farinha a partir do teor proteico (ORTOLAN, 2006), o qual também demonstrou correlação positiva com IG.

A baixa atividade α -amilásica e, portanto, o alto NQ podem influenciar a cor da farinha de trigo (ORTOLAN, 2006), resultando na alteração da coordenada de cromaticidade b^* .

A correlação moderada existente entre Aa e NQ pode ser explicada pelo fato do amido ser composto basicamente por amilose e amilopectina (HOSENEY, 1991), ou seja, quando aumenta o teor de amilose, aumenta também o NQ, demonstrando uma diminuição da atividade α -amilásica.

As variáveis cujos vetores formam ângulo de 180° correlacionam-se negativamente; dentre elas possuem relevância aquelas relacionadas ao glúten, proteína, cor e lipídeos.

Existe correlação negativa entre GU e GS individualmente com PB. Isso pode acontecer pelo fato de o conteúdo proteico ser formado por proteínas totais (solúveis e insolúveis) e o teor de glúten somente por proteínas insolúveis.

Correlacionaram-se negativamente entre si GU e IG, GS e IG.

Lp e EXT estão correlacionados negativamente; isso porque um aumento do teor de lipídeos diminui o teor de extração da farinha de trigo, pois dificulta o processo de moagem, quando o objetivo é uma farinha de trigo branca obtida a partir do endosperma.

Quando aumenta o ID, L^* diminui, pois eles estão negativamente correlacionados. Isto é porque quanto maior a dureza do grão, mais escura a farinha (e em geral maior a granulometria desta).

Quando os vetores das variáveis se encontram em ângulo reto elas são independentes umas das outras. Isso demonstra que Aa não mostrou correlação com PMG e PB; amido não se correlacionou com cinzas, PH, Ug, Awf; NQ não se correlacionou com L* e Awf; Awf não se correlacionou com GS e IG; e Ug e GU não se correlacionaram (Figura 11).

Os fatores 1 e 2 representam uma forma de diferença entre as cultivares e as respectivas farinhas, ou seja, o contraste das cultivares e suas farinhas com relação às variáveis estudadas.

Conforme Apêndice 2, as variáveis correlacionadas positiva e moderadamente ao fator 1 foram: PMG (0,29), ID (0,30), EXT (0,29), b* (0,31), Uf (0,26), amido (0,22). As variáveis correlacionadas negativa e moderadamente ao fator 1 são: PH (-0,22), Ug (-0,24), L* (-0,29), Lp (-0,31). As variáveis correlacionadas positiva e moderadamente ao fator 2 são: PH (0,21), Awf (0,21), a* (0,24), amido (0,23), PB (0,30), FAT (0,34), cinzas (0,27), NQ (0,33). As variáveis correlacionadas negativa e moderadamente ao fator 2 foram: GU (-0,31) e GS (-0,31).

Com relação ao fator 1, as variáveis positivas PMG e EXT; b*; amido mostraram valor similar às variáveis negativas L*, Lp, PH, respectivamente; com relação ao fator 2, a variável PB positiva possui valor similar ao das variáveis negativas GU e GS.

A partir da sobreposição das Figuras 11 e 12 (*biplot*) é possível observar que a cultivar BRS Louro e sua respectiva farinha apresentaram as menores médias para GU e GS, pois a projeção gráfica perpendicular delas sobre os vetores das variáveis GU e GS recai abaixo da origem. Também é possível observar que elas possuem as maiores médias para L*, Lp, Ug, PH, Awg, a* e cinzas, pois a projeção gráfica perpendicular delas sobre os vetores das variáveis recai acima da origem.

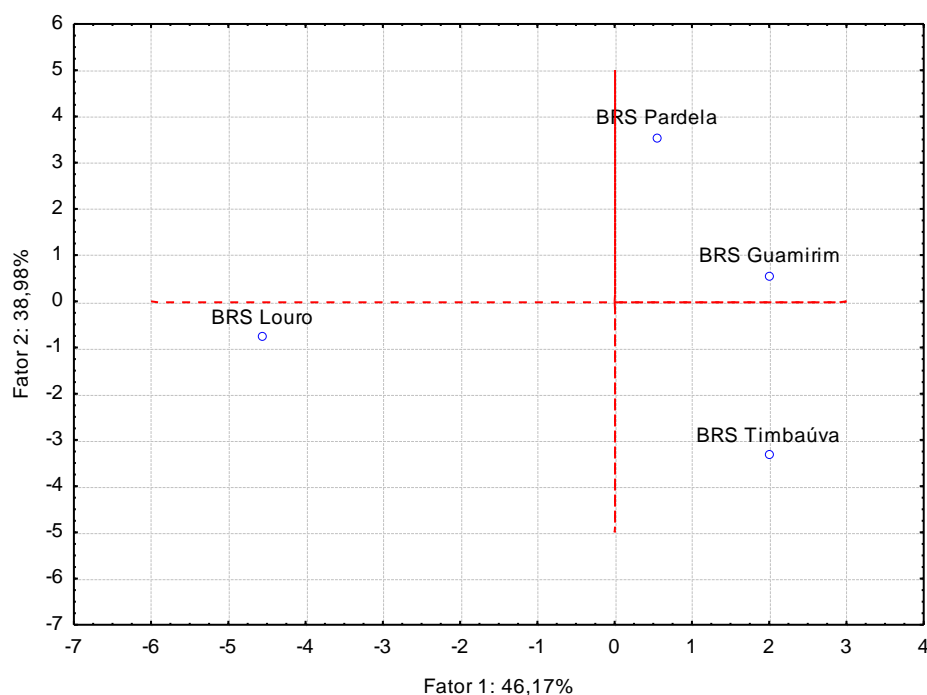


Figura 12 Projeção dos componentes principais, entre caracterização física das cultivares e físico química das farinhas estudadas, glúten e número de queda.

Seguindo o mesmo raciocínio, a cultivar BRS Timbaúva e sua respectiva farinha mostraram valores acima da média para as variáveis b^* , ID, PMG e EXT e valores abaixo da média para as variáveis U_f e A_{wf} . Considerando a variável amido, ela e sua respectiva farinha apresentaram valor na média das cultivares, pois a projeção perpendicular delas sobre a variável amido recai próximo à origem. O mesmo ocorre com as variáveis NQ e FAT para a cultivar BRS Guamirim e respectiva farinha.

Ainda com relação à cultivar BRS Guamirim e respectiva farinha, observaram-se valores abaixo da média para as variáveis U_f e A_{wf} , e acima da média para as variáveis b^* , ID, PMG, EXT, amido, IG e PB.

Finalmente, para a cultivar BRS Pardela e respectiva farinha, as variáveis FAT, NQ, PB, IG, amido e Aa apresentaram valores superiores à média.

A Figura 13 mostra a projeção das variáveis estudadas no segundo grupo de ACP, definida no primeiro plano por 2 fatores (1 e 2), os quais descrevem cerca de 62% e 30% de variância, respectivamente. O gráfico mostra que os vetores das variáveis próximos uns dos outros representam variáveis correlacionadas positiva e fortemente entre si.

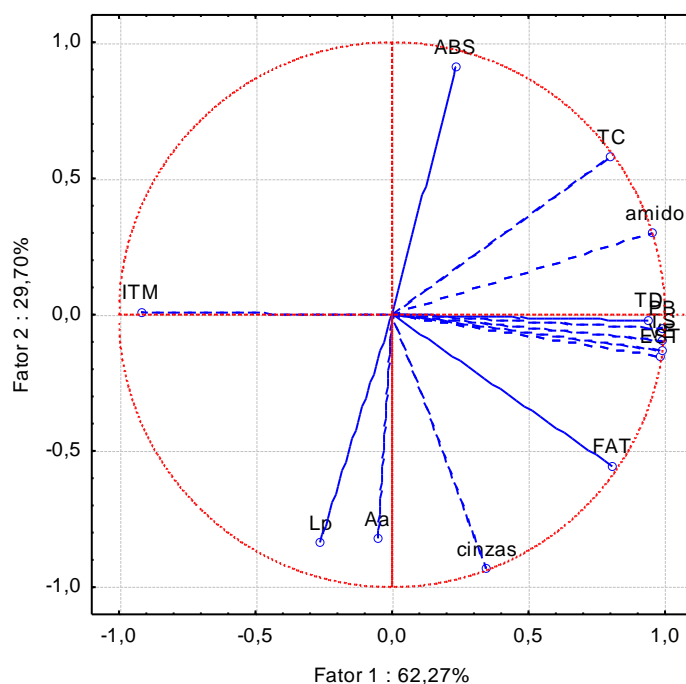


Figura 13 Análise de componentes principais, entre caracterização química das farinhas estudadas, farinógrafo e volume específico. As variáveis são ITM- índice de tolerância à mistura, ABS- absorção de água, TC- tempo de chegada, amido, TD- tempo de desenvolvimento, EST- estabilidade, PB- proteína bruta, TS- tempo de saída, VE -volume específico, FAT- fibra alimentar total, cinzas, Aa- amilose aparente e Lp -lipídeos.

Houve correlação positiva e forte entre PB e TD, e entre PB e VE. A maior elasticidade e a maior força do glúten de uma massa são encontradas na banda 5+10, quando comparadas com outras bandas, num perfil de GAM (DENG; TIAN; SUN, 2005; MANN et al., 2009), o que pode explicar essa correlação, pois a cultivar BRS Pardela apresentou esta banda e foi a que mostrou os maiores valores de PB, TD e VE.

A EST e PB também demonstraram positiva e forte correlação. A EST indica o tempo que a massa mantém o máximo de consistência, sinalizando, portanto, sua força, intrinsecamente relacionada ao valor proteico (BUSHUK, 1985).

O perfil de composição que caracteriza uma amostra de farinha de trigo pertencente a uma cultivar específica determina, da mesma forma, os valores atribuídos para cada variável da farinografia; por isso, era esperada a correlação positiva entre TD e TC, TD e TS, TD e EST, TS e EST.

Houve correlação positiva e forte entre TD e VE. O mesmo foi observado em estudos desenvolvidos anteriormente (BUTT et al., 2001). Essa correlação é facilmente constatada pelo fato do TD indicar a capacidade completa de desenvolvimento da massa, em relação à retenção de gás.

A Figura 13 mostra, também, vetores de variáveis relativamente próximos uns dos outros; portanto, essas variáveis estão correlacionadas moderada e positivamente. Dentre elas, destacam-se amido e TC, amido e TD.

O TC e TD estão correlacionados positiva, moderada e individualmente com o amido, um dos componentes da farinha que influenciam a reologia. Segundo Dobraszczyk (1997), a reologia da matriz amido-glúten é importante para o processo da panificação, como determinante da extensibilidade e da força da massa.

As variáveis cujos vetores formam ângulo de 180° apresentam-se correlacionadas negativamente; dentre elas, possuem relevância aquelas relacionadas à ABS e ao ITM.

O ITM apresentou correlação negativa com PB, pois depende do tipo de farinha estudada; quando há um aumento do teor proteico há diminuição do ITM, e vice-versa (FARINÓGRAFO, 2008).

Houve correlação negativa entre ABS e lip. Resultados semelhantes foram demonstrados por Butt et al., (2001), o que demonstra que quanto maior o teor de Lp, menor será ABS, pois ambos são imiscíveis. Isso está relacionado à polaridade; segundo Reis et al., (2009), há polaridade oposta entre compostos hidrofóbicos e hidrofílicos.

Quando os vetores se encontram em ângulo reto, as variáveis são independentes umas das outras. Isso demonstra que Aa não mostrou correlação com PB, TS, EST, VE; que o amido não se correlaciona com cinzas; que não houve correlação da ABS com EST e TD individualmente; e que não houve correlação entre Lp e TD e EST.

Os fatores 1 e 2 representam uma forma de diferença entre as farinhas das cultivares, ou seja, o contraste destas, com relação às variáveis estudadas.

Conforme o Apêndice 3, as variáveis positivas e moderadamente correlacionadas ao fator 1 foram amido (0,33), PB (0,34), FAT (0,28), TD (0,33), TC (0,28), TS (0,35), EST (0,35), VE (0,35). A variável correlacionada negativa e moderadamente ao fator 1 foi ITM (-0,32). As variáveis correlacionadas positiva e moderadamente ao fator 2 foram ABS (0,46), TC (0,29). As variáveis correlacionadas negativa e moderadamente ao fator 2 foram FAT (-0,28), Lp (-0,42), cinzas (-0,47), Aa (-0,42).

Com relação ao fator 1, as variáveis positivas amido e TD mostraram valor similar à variável negativa ITM. Com relação ao fator 2, as variáveis ABS e TC positivas possuíram valores similares às variáveis negativas cinzas e FAT, respectivamente.

A partir da sobreposição das Figuras 13 e 14 é possível observar que a farinha da cultivar BRS Louro possui os menores valores para as variáveis Lp e Aa, pois sua projeção gráfica perpendicular sobre os vetores das variáveis recai abaixo da origem. Ela possui

valor acima da média para ITM, uma vez que a sua projeção gráfica perpendicular sobre o vetor da variável recai acima da origem, como acontece também com a farinha da cultivar BRS Timbaúva.

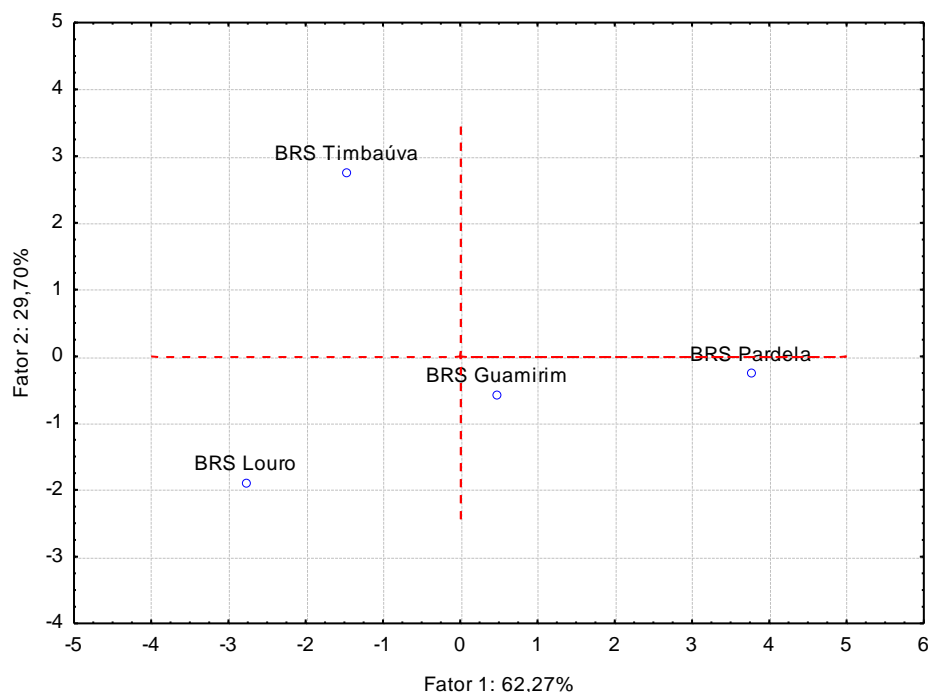


Figura 14 Projeção dos componentes principais entre caracterização química das farinhas estudadas, farinógrafo e volume específico.

A farinha da cultivar BRS Guamirim mostrou valores acima da média, para as variáveis TC e amido.

A Figura 15 mostra a projeção das variáveis estudadas no terceiro grupo de ACP, definida no primeiro plano por 2 fatores (1 e 2), e da ACP, os quais descrevem cerca de 76% e 14% de variância, respectivamente. Variáveis cujos vetores estão próximos uns dos outros se encontram correlacionadas positiva e fortemente entre si, caracterizando, assim, um grupo de variáveis, composto por PB, VE, R45, R90, R135, Rm45, Rm90, Rm135, A45, A90, A135, D45, D90, D135 e E45.

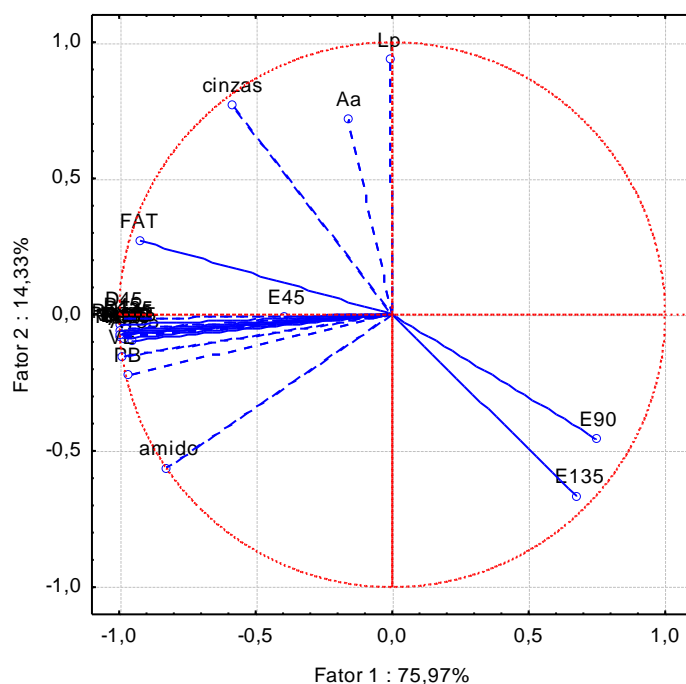


Figura 15 Análise de componentes principais entre caracterização química das farinhas estudadas, extensógrafo e volume específico. As variáveis são FAT- fibra alimentar total, cinzas, Aa- amilose aparente, Lp- lipídeos, E90- estabilidade a 90 min, E135- estabilidade a 135min, amido, PB- proteína bruta, VE-volume específico, R45- resistência a 45min, Rm45- resistência máxima a 45min, R90- resistência a 90min, Rm90- resistência máxima a 90min, R135- resistência a 135min, Rm135- resistência máxima a 135min, E45- estabilidade a 45min, D45- número proporcional a 45min, D90- número proporcional a 90min, D135- número proporcional a 135min, A45- área a 45min, A90- área a 90min, A135- área a 135min.

Farinhas fortes, com alto teor proteico, produzem pães com alto volume (ZGHAL; SCANLON; SAPIRSTEIN, 2001), o que explica a correlação positiva entre prot e VE.

O Rm em todos os tempos – 45, 90 e 135 min – esteve correlacionado positiva e fortemente com PB, o que é intrínseco à soma de glutenina disponível (GUPTA; BATEY; MACRITCHIE, 1992).

A Figura 15 mostra, também, que há variáveis com vetores relativamente próximos uns dos outros, indicando correlação positiva e forte entre elas; assim, amido e FAT correlacionam-se positiva e moderadamente com o grupo de variáveis anteriormente citado.

Um estudo de Kieffer et al., (1998) demonstrou que a extensografia pode apresentar correlação positiva entre as propriedades reológicas e o volume do pão.

As variáveis cujos vetores formam ângulo de 180° estão correlacionadas negativamente (Figura 15); assim, cinzas e E135; FAT e E135 correlacionaram-se negativamente. Segundo Collar, Santos e Rosell (2007), ou seja, um incremento da

concentração de fibras significativas nas propriedades viscoelásticas da massa pode ser observado na compressão e nas medidas de extensão.

Quando os vetores das variáveis se encontram em ângulo reto, elas são independentes umas das outras. Isso demonstra que amido não apresentou correlação com E135; que a Aa não se correlacionou com PB; que não houve correlação entre cinzas e amido; e que não houve correlação individual da variável Lp com as seguintes variáveis: R45, R90, R135, Rm45, Rm90, Rm135, A45, A90, A135, D45, D90, D135 e E45.

Os fatores 1 e 2 representam uma forma de diferença entre as farinhas das cultivares, ou seja, o contraste das farinhas das cultivares com relação às variáveis estudadas.

Conforme Apêndice 4, as variáveis correlacionadas positiva e moderadamente ao fator 1 foram E90 (0,18), E135 (0,16). As correlacionadas negativa e moderadamente ao fator 1 foram amido (-0,20), PB (-0,23), FAT (-0,23), R45 (-0,24), R90 (-0,24), R135 (-0,24), Rm45 (-0,24), Rm90 (-0,24), Rm135 (-0,24), D45 (-0,24), D90 (-0,24), D135 (-0,24), A45 (-0,24), A90 (-0,24), VE (-0,24), A135 (-0,23). As variáveis correlacionadas positiva e moderadamente ao fator 2 foram Lp (0,52), cinzas (0,43) e Aa (0,40); as correlacionadas negativa e moderadamente ao fator 2 foram amido (-0,32), E90 (-0,26), E135 (-0,37).

Com relação ao fator 1, a variável positiva E90 apresentou valor similar à variável negativa amido; com relação ao fator 2, a variável Aa positiva apresentou valor similar à variável negativa E135.

A partir da sobreposição das Figuras 15 e 16, e do prolongamento de cada cultivar com ângulo de 90° no vetor da análise verificada, foi possível observar que a farinha da cultivar BRS Timbaúva mostrou os menores valores para as variáveis E90 e E135. A da cultivar BRS Pardela apresentou os maiores valores para as variáveis FAT e cinzas e os menores valores para as variáveis amido, PB, VE, R45, R90, R135, Rm45, Rm90, Rm135, A45, A90, A135, D45, D90, D135 e E45.

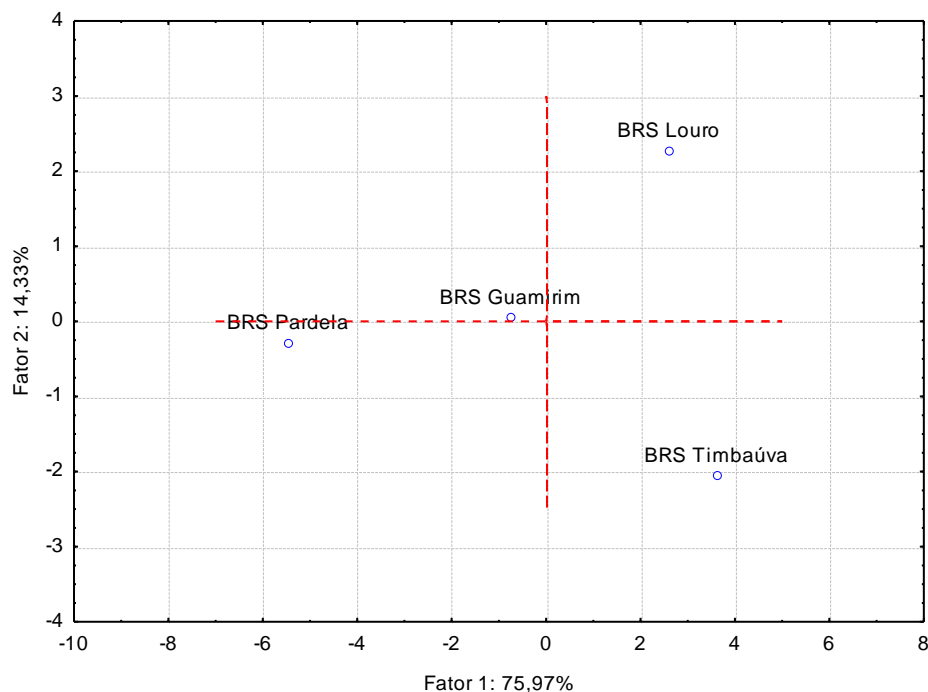


Figura 16 Projeção dos componentes principais entre caracterização química das farinhas estudadas, extensógrafo e volume específico.

A Figura 17 mostra a projeção das variáveis estudadas no quarto grupo de ACP, definida no primeiro plano por 2 fatores (1 e 2) da ACP, os quais descrevem cerca de 57% e 30% de variância, respectivamente. Variáveis cujos vetores estão próximos uns dos outros representam variáveis correlacionadas positiva e fortemente entre si; assim, há correlação positiva entre a Vf e tARV, sendo que resultado similar foi observado por Samaan et al., (2006).

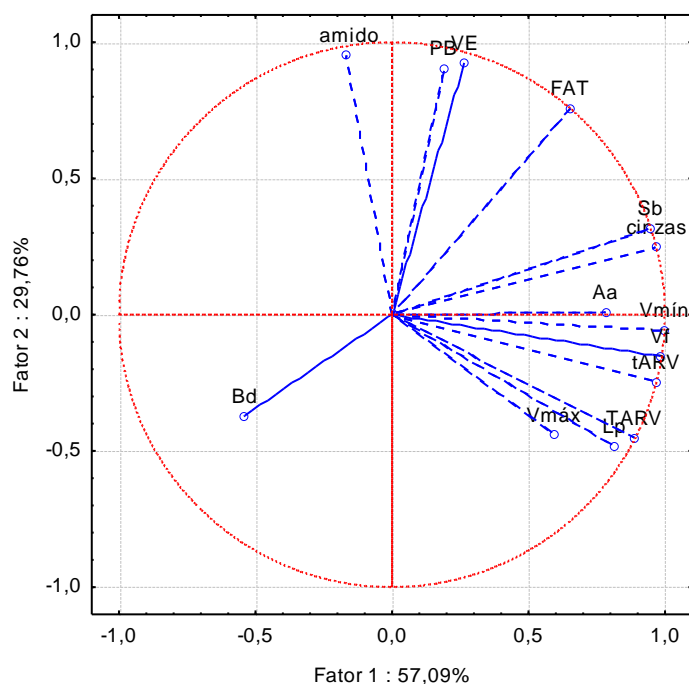


Figura 17 Análise de componentes principais entre caracterização química das farinhas estudadas, ARV e volume específico. As variáveis são Bd- *breakdown*, amido, PB- proteína bruta, VE- volume específico, FAT- fibra alimentar total, Sb- *setback*, cinzas, amilose, Vmín viscosidade mínima, Vf- viscosidade final, tARV- tempo para atingir viscosidade máxima, TARV- temperatura de pasta, Lp- lipídeos, Vmáx- viscosidade máxima.

Houve correlação forte e positiva entre Aa e Vmín. Segundo Agyare et al., (2004), a viscosidade aumenta com o teor de amilose.

A Figura 17 mostra, também, vetores de variáveis relativamente próximos uns dos outros; portanto, elas estão correlacionadas positiva e moderadamente. As principais correlações positivas e moderadas existentes foram as relacionadas ao amido; o comportamento deste, durante a análise de ARV, pode ser explicado pela sensibilidade de suas propriedades à variação de temperatura e à presença de água (COLLAR; BOLLAIN; ROSELL, 2007). Ral et al., (2008) também encontraram correlação moderada entre tARV e TARV.

Considerando que a transformação do amido corresponde ao comportamento dos polímeros, em função da temperatura e da composição (HADIYANTO et al., 2007), o conteúdo de Aa pode ser responsável pelo incremento no Sb (CISNEROS; ZEVILLANOS; CISNEROS-ZEVALLOS, 2009; CARVALHO; ONWULATA; TOMASULA, 2007).

As correlações positivas fortes e moderadas definidas pela ACP, com relação ao ARV, expressam as transformações que ocorrem no processo de panificação e que estão relacionadas ao conteúdo de água e à temperatura, definindo, assim, a qualidade final do

produto (THORVALDSON; JENESTED, 1999), pois essas transformações estão interligadas e influenciam umas às outras (ZHANG; DATTA, 2006).

As variáveis cujos vetores formam ângulo de 180° correlacionam-se negativamente. Houve, portanto, correlação negativa entre Bd e FAT e entre Bd e Sb. Segundo Collar, Santos e Rosell (2007), uma massa elaborada com farinha de trigo e enriquecida com fibra provoca efeito de diluição na rede proteica de glúten e interrupção da matriz amido-proteína.

As variáveis cujos vetores se encontram em ângulo reto são independentes umas das outras, como, por exemplo, amido e cinzas, PB e Vf, VE e tARV.

Os fatores 1 e 2 representam uma forma de diferença entre as farinhas das cultivares, ou seja, o contraste das farinhas das respectivas cultivares, com relação às variáveis estudadas.

Conforme Apêndice 5, as variáveis positivas e correlacionadas ao fator 1 foram: FAT (0,23), Lp (0,29), cinzas (0,34), Aa (0,28), Vmáx (0,21), Vmín (0,38), Vf (0,35), tARV (0,34), Sb (0,34) e TARV (0,31); a variável negativa e correlacionada ao fator 1 é Bd (-0,19). As variáveis positivas e correlacionadas ao fator 2 foram amido (0,47), prot (0,44), fib (0,37), VE (0,45) e cinz (0,12); as negativas e correlacionados ao fator 2 foram lip (-0,23), Vmáx (-0,22), TARV (-0,22), tARV (-0,12).

Com relação ao fator 1, a variável positiva Vmáx mostrou valor similar à variável *breakdown* negativa; com relação ao fator 2, a variável cinz positiva apresentou valor similar à negativa tARV.

A partir da sobreposição das Figuras 17 e 18, é possível observar que a farinha da cultivar BRS Louro apresentou valores abaixo da média, para as variáveis Vmáx, Lp, TARV, tARV, Vf, Vmín e Aa, pois a projeção gráfica perpendicular dela sobre os vetores das variáveis Vmáx, Lp, TARV, tARV, Vf, Vmín e Aa, recai abaixo da origem. Também é possível observar que a farinha da cultivar BRS Timbaúva apresentou a menor média para a variável Bd.

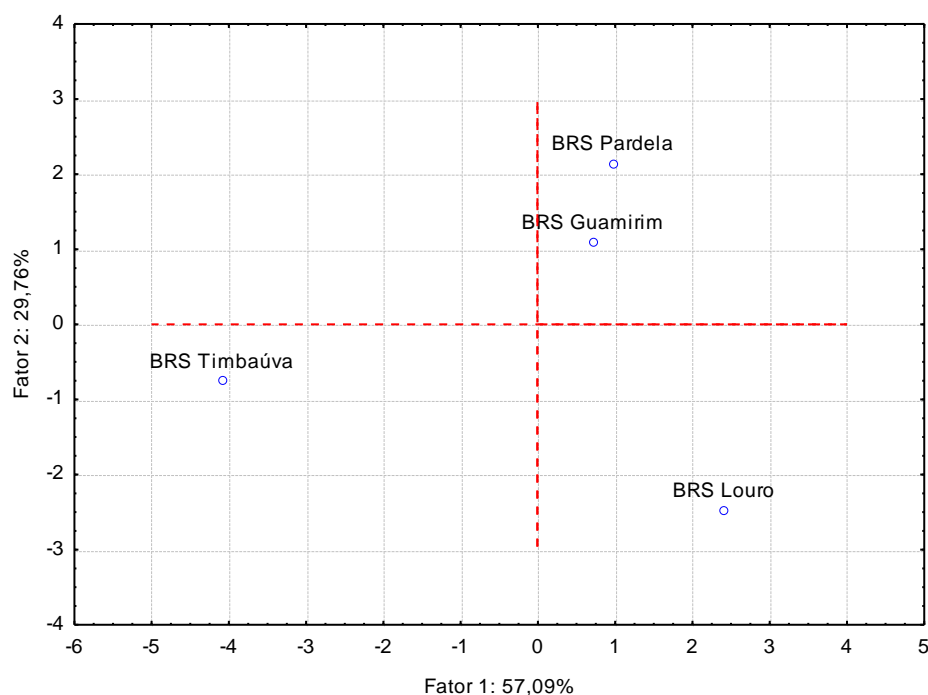


Figura 18 Projeção dos componentes principais entre caracterização química das farinhas estudadas, ARV e volume específico.

Para a farinha da cultivar BRS Pardela, as variáveis FAT, VE, PB, Sb e cinzas mostraram as maiores médias; as variáveis Aa, Vmín, Vf, tARV, TARV, Lp e Vmáx apresentaram valores inferiores à média, pois a projeção gráfica perpendicular destas sobre os vetores das variáveis recai abaixo da origem.

A Figura 19 mostra a projeção das variáveis estudadas no quinto grupo de ACP, definida no primeiro plano por 2 fatores (1 e 2) da ACP, os quais descrevem cerca de 73% e 18% de variância, respectivamente. Portanto, existe um grupo de variáveis cujos vetores estão próximos e são compostos por todas as variáveis relacionadas à panificação experimental (Q, Sim, Cc, CorM, VE, EM, Ar, CorC, G) e por uma variável relacionada à composição química da farinha, o amido. Observando-se apenas o grupo de variáveis, constatou-se que houveram correlações positivas fortes ou moderadas.

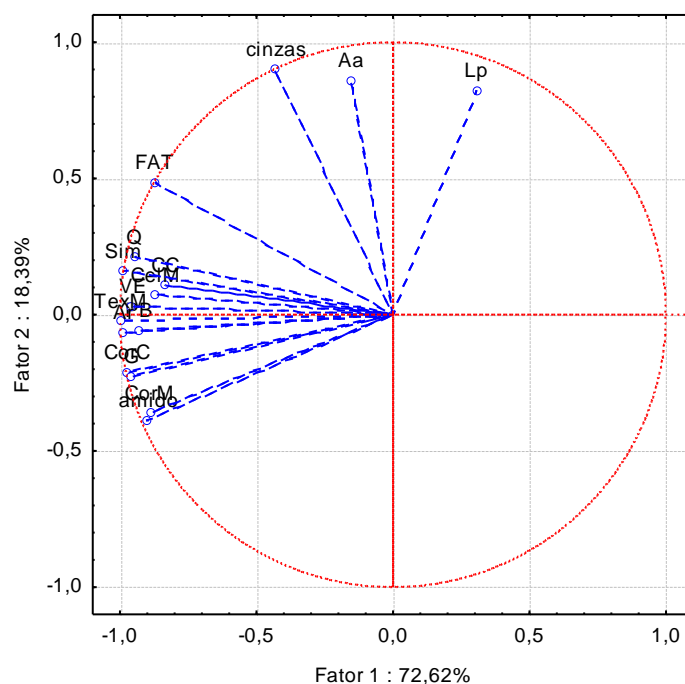


Figura 19 Análise de componentes principais entre caracterização química das farinhas estudadas e panificação experimental. As variáveis são Lp - lipídeos, amilose, cinzas, FAT - fibra alimentar total, Q - quebra, Sim - simetria, CC - característica da crosta, CM - característica do miolo, CelM - célula miolo, EM - estrutura do miolo, VE - volume específico, TexM - textura do miolo, Ar - aroma, CorC - cor da crosta, G - gosto, CorM - cor do miolo, amido.

As modificações ocorridas no amido durante o processamento da massa (intumescimento, degradação formando dextrinas, reação das dextrinas com aminoácidos caracterizando reação de Maillard) podem explicar as alterações nas variáveis da panificação experimental; portanto, os grânulos de amido da farinha desempenham papel crucial na EM (ROJAS; ROSELL; BENEDITO DE BARBER, 2000).

Estudos têm demonstrado que as características de mistura da massa, as propriedades reológicas e a qualidade dos pães encontram-se relacionadas à composição proteica (SOUTHAN; MACRITCHIE, 1999).

O atributo cor é um dos parâmetros presentes em algumas variáveis, como CorC, CorM, e que também repercute na CC, Ar e G. Segundo Hadiyanto et al., (2007), a cor, expressa em tonalidades de marrom, é influenciada pela composição da massa, conteúdo de água e condições do processamento. A reação de Maillard é o principal responsável pelo desenvolvimento da cor, em temperaturas abaixo de 150°C (HADIYANTO et al., 2007).

A composição da farinha e as condições de elaboração do pão influenciam as características finais do produto, especialmente o VE (MAGNUS et al., 2000). Segundo

Zanoni, Schiraldi e Simonetta, (1995), um incremento da pressão de vapor na presença de CO₂, dentro da massa, causa extensão do produto, o que resulta num incremento do tamanho.

A Figura 19 mostra, também, algumas variáveis com vetores relativamente próximos uns dos outros, ou seja, correlacionadas moderada e positivamente, dentre as quais se destaca o grupo Q, Sim, CC, CorM, VE, EM, Ar, CorC, G com a variável FAT. Em estudo desenvolvido por Peressini e Sensidoni (2008) foi demonstrada a tendência de incremento do volume do pão com aumento do conteúdo de fibra.

Os vetores das variáveis Lp e Q, Aa e CorC, cinzas e amido encontram-se em ângulo reto, demonstrando que são independentes umas das outras; portanto, não há correlação entre elas.

Os fatores 1 e 2 representam uma forma de diferença entre as cultivares e as respectivas farinhas, ou seja, o contraste das cultivares e das farinhas com relação às variáveis estudadas.

Conforme o Apêndice 6, não houveram variáveis correlacionadas positiva e moderadamente ao fator 1. As correlacionadas negativa e moderadamente ao fator 1 foram amido (-0,26), PB (-0,27), FAT (-0,25), VE (-0,28), CorC (-0,28), Sim (-0,28), G (-0,28), CC (-0,24), CorM (-0,26), Tex (-0,28), Ar (-0,28). As variáveis correlacionadas positiva e moderadamente ao fator 2 foram FAT (0,28), Lp (0,48), cinzas (0,52), Aa (0,50). As variáveis correlacionadas negativa e moderadamente ao fator 2 foram: amido (-0,22), CorM (-0,21).

A partir da sobreposição das Figuras 19 e 20, e do prolongamento de cada cultivar com ângulo de 90° no vetor da análise verificada, foi possível observar que a farinha da cultivar BRS Louro possui a maior média para a variável Lp.

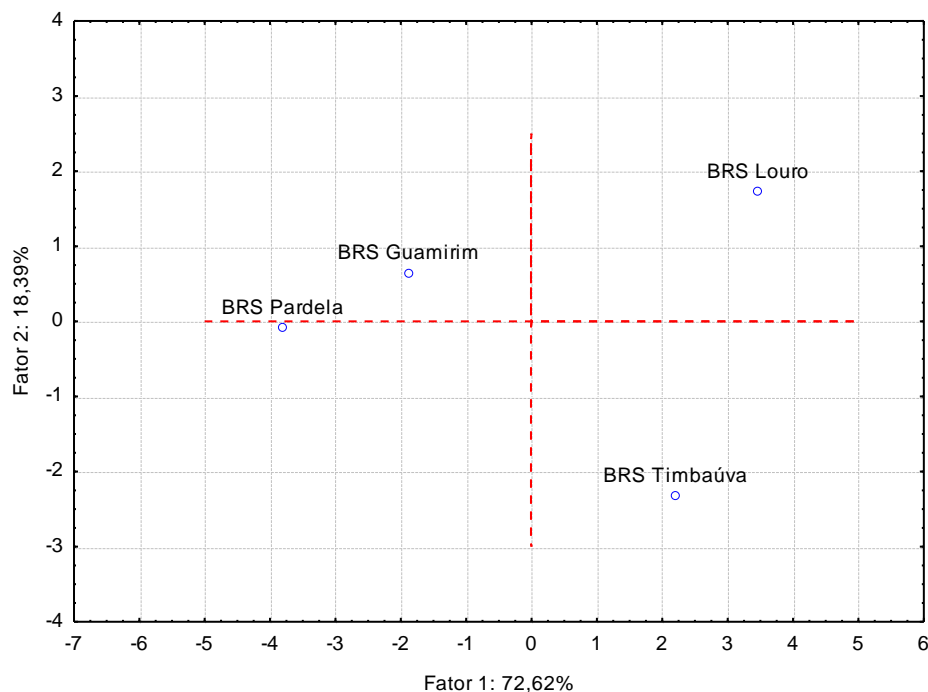


Figura 20 Projeção dos componentes principais, entre caracterização química das farinhas estudadas e panificação experimental.

Observou-se também que a farinha da cultivar BRS Guamirim apresentou as maiores médias para as variáveis Aa e cinzas, e valores abaixo da média para as variáveis CorM, amido e CorC, pois a projeção gráfica perpendicular dela sobre os vetores das variáveis CorM, amido e CorC recaiu abaixo da origem.

Seguindo a projeção gráfica perpendicular para a farinha da cultivar BRS Pardela, constatou-se que as variáveis FAT, Q, Sim, CC, CorM, VE e EM apresentaram as maiores médias nesse cultivar e as variáveis CorM, amido, CorC e G apresentaram valores inferiores à média.

5 CONCLUSÕES

A caracterização de cultivares brasileiras de trigo com indicação de aplicabilidade tecnológica é uma forma de se promover o desenvolvimento científico e tecnológico, ou seja, uma forma de valorizar o trigo brasileiro e disseminar conhecimentos.

A partir das análises e correlações efetuadas, pode-se direcionar as amostras de cultivares de trigo da safra 2008 à aplicabilidade tecnológica, observando-se que, para a caracterização tecnológica, emprega-se a farinha de trigo (branca) obtida destas cultivares.

A cultivar BRS Louro apresentou glúten fraco, ou seja, com fraca interação entre as moléculas proteicas presentes. Desta forma, pode ser indicada para produtos como bolos, tortas e biscoitos.

Para a cultivar BRS Timbaúva, não houve unanimidade entre as análises com relação à aplicabilidade tecnológica. Contudo, pode ser indicada para biscoitos, *crackers* e pizzas.

Na caracterização da cultivar BRS também não houve forte coerência entre as análises das variáveis para indicação tecnológica. Sugere-se indicação de aplicabilidade tecnológica para produtos de panificação.

Para a cultivar BRS Pardela as análises indicaram, com bastante clareza e de forma unânime, a utilização para a elaboração de pães, com alguma sinalização de aplicabilidade tecnológica em massas alimentícias.

Quanto aos testes de elaboração de produto final, pelo teste de panificação realizado, confirmou-se a superioridade do trigo BRS Pardela para elaboração deste tipo de produto, enquanto que o BRS Guamirim também pode ser usado com qualidade aceitável para panificação. Os trigos BRS Louro e BRS Timbaúva, como já esperado, não apresentaram bons resultados para este tipo de produto.

Com este estudo foi possível comprovar que a pesquisa técnico-científica, no desenvolvimento de novas cultivares, precisa trabalhar juntamente a caracterização agrônômica (atributos como alto potencial de rendimento, sanidade, resistência ao acamamento, porte baixo, entre outros) e a caracterização da qualidade tecnológica do trigo (análises físico-químicas, reológicas e de elaboração de produto final). E, o ideal seria que as cultivares apresentassem aptidões bem definidas para cada tipo de produto final a que se destina, independentemente da safra em questão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC. American Association of Cereal Chemists. **Approved Methods of AACC**. 9th, St Paul, 2000.
- AALAMI, M.; LEELAVATHI, K. ; PRASADA RAO, U. J. S. Spaghetti making potential of Indian durum wheat varieties in relation to their protein, yellow pigment and enzyme contents. **Food Chemistry**, v. 100, p. 1243-1248, 2007.
- AALAMI, M.; PRASADA RAO, U. J. S.; LEELAVATHI, K. Physicochemical and biochemical characteristics of Indian durum wheat varieties: Relationship to semolina milling and spaghetti making quality. **Food Chemistry**, v. 102, p. 993-1005, 2007.
- ABITRIGO. Associação Brasileira da Indústria do Trigo. História do trigo. O papel do trigo na evolução da humanidade. **A triticultura brasileira**. Disponível em <http://www.abitrigo.com.br/historia_do_trigo2a.asp> Acessado em 18 de janeiro de 2008.
- ACREE, T. E.; BARNARD, J.; CUNNINGHAM, D. G. A procedure for the sensory analysis of gas chromatographic effluents. **Food Chemistry**, v. 14, n.4, p. 273-286, 1984.
- AGYARE, K. K.; XIONG, Y. L.; ADDO, K.; AKOH, C. C. Dynamic Rheological and Thermal Properties of Soft Wheat Flour Dough Containing Structured Lipid. **Food Engineering and Physical Properties**, v. 69, n.7, p. 297-302, 2004.
- AMEMIYA, J. I.; MENJIVAR, J. A. Comparison of small and large deformation measurements to characterize the rheology of wheat flour doughs. **Journal of Food Engineering**, v. 16, n. 1-2, p. 91-108, 1992.
- ANDERSSON, R.; HÄMÄLÄINEN, M.; ÄMAN, P. Predictive modeling of the bread-making performance and dough properties of wheat. **Journal of Cereal Science**, v. 20, p. 129-138, 1994.
- ANGIOLONI, A.; COLLAR, C. Bread crumb quality assessment: a plural physical approach. **European Food and Research Technology**, v. 30, p. 229-221, 2009.
- ARPITA MONDAL, A.K. D. Bread Baking – A Review. **Journal of Food Engineering, India**, v. 86, n. 4, p. 465-474, jun/2008.
- ATWELL, W. A. Wheat Flour. Eagen Press Handbook Series. **American Association of Cereal Chemists**. St. Paul, 2001.
- AUTIO, K.; SALMENKALLIO-MARTTILA, M. Light Microscopic Investigations of Cereal Grains, Doughs and Breads. **Lebensmittel Wissenschaft und Technology**, v.34, p. 18-22, 2001.
- BECHTEL, D. B.; POMERANZ, Y.; DE FRANCISCO, A. Breadmaking studie by light and transmission electron microscopy. **Cereal Chemistrt**, v. 55, n. 3, p. 392-401, 1977.

BELTON, P. S. New approaches to study the molecular basis of the mechanical properties of gluten. **Journal of Cereal Science**, v. 41, p. 203-211, 2005.

BERTON, B.; SCHER, J.; VILLIERAS, F.; HARDY, J. Measurement of hydration capacity of wheat flour: influence of composition and physical characteristics. **Powder Technology**, v.128, p. 326-331, 2002.

BLAKESLEY, R. W.; BOEZI, J. A. A new staining technique for proteins in polyacrilamide gels using Coomassie Brilliant Blue G250. **Analytical Biochemistry**, v. 82, p. 580-582, 1977.

BLAZEK, J.; COPELAND, L. Pasting and swelling properties of wheat flour and starch in relation to amylase content. **Carbohydrate Polymers**, v. 71, p. 380-387, 2008.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. São Paulo: Varela, 1992, p. 47-55.

BOGRACHEVA, T. Y.; WANG, Y. L.; WANG, T. L.; HEDLEY, C. L. Structural studies of starches with different water contents. **Biopolymers**, v. 64, n. 5, p. 268-281, 2002.

BRABENDER. Food Division. Quality Control. **Milling/Baking**. Disponível em <<http://www.brabender.com>> Acessado em 21 de novembro de 2008.

BRANLARD, G.; DARDEVET, M. Diversity of grain proteins and bread wheat quality. II. Correlation between high molecular weight subunits of glutenin and flour quality characteristics. **Journal of Cereal Science**, v. 3, p. 345-354, 1985.

BRANLARD, G.; DARDEVET, M.; SACCOMANO, R.; LAOUTTE, F.; GOURDON, J. Genetic diversity of wheat storage proteins and bread what quality. **Euphytica**, v. 119, p. 59-67, 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Coordenação Geral da Política de Alimentação e Nutrição. **Guia Alimentar para População Brasileira. Série A. Normas e Manuais Técnicos**. Brasília, 2005a.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Resolução Normativa nº8, de 02 de junho de 2005. **Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Farinha de Trigo**. Brasília, 2005b.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº7 de 15 de agosto de 2001. **Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade do Trigo**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 2001. 33 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº8 de 02 de junho de 2005. **Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade da Farinha de Trigo**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília. p.365, 1992.

BUSHUK, W. Flour proteins: structure and functionality in dough and bread. **Cereal Foods World**, v. 30, n. 7, p. 447-451, 1985.

BUTT, M. S.; ANJUM, F. M.; VAN ZUILICHEM, D. J.; SHAHEEN, M. Development of predictive models for end-use quality of spring wheats through canonical analysis. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 36, n. 4, p. 433-440, 2001.

CAMARGO, C. R. O.; CAMARGO, C. E. G. Trigo: Avaliação tecnológica e novas linhagens. **Bragantia**, v. 46, n. 2, p. 81-169, 1987.

CARCEA, M.; SALVATORELLI, S.; TURFANI, V.; MELLARA, F. Influence of growing conditions on the technological performance of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). **International Journal of Food Sciences and Technology**, v. 41, n. 2, p. 102-107, 2006.

CARVALHO, C. W. P.; ONWULATA, C. I.; TOMASULA, P. M. Rheological Properties of Starch and Whey Protein Isolate Gels. **Food Science and Technology International**, v. 13, p. 203-207, 2007.

CAYOT, N. Sensory quality of traditional foods. **Food Chemistry**, v. 101, p. 154-162, 2007.

CHARLTON, K. E.; MACGREGOR, E.; VORSTER, N. H.; LEVITT, N. S.; STEYN, K. Partial replacement of NaCl can be achieved with potassium, magnesium and calcium salts in brown bread. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 58, p. 508-521, 2007.

CHEFTEL, J.; CHEFTEL, H. **Introducción a La bioquímica y tecnología de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1992, v.1, p. 99-134.

CHIANG, S.; CHEN, C.; CHANG, C. Effect of wheat flour protein compositions on the quality of deep-fried gluten balls. **Cereal Chemistry**, v. 97, p. 666-673, 2006.

CISNEROS, F. H.; ZEVILLANOS, R.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Characterization of Starch from Ecotypes of Andean Achira Roots (*Canna edulis*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, p. 7363-7368, 2009.

COLLAR, C.; BOLLAIN, C.; ROSELL, C. M. Rheological Behaviour of Formulated Bread Doughs During Mixing and Heating. **Food Science and Technology International**, v. 13, p. 99-107, 2007.

COLLAR, C.; SANTOS, E.; ROSELL, M.C. Assessment of rheological profile of fibre-enriched bread doughs by response surface methodology. **Journal of Food Engineering**, v. 78, p. 820-826, 2007.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. 7º Levantamento. Brasília: DF, abril/2009a.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Brasil: Oferta e demanda de produtos selecionados (Mil toneladas)**. Disponível em

<<http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/economia/FdemandaBR.htm>> Acessado em 01 de dezembro de 2009b.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. 10º Levantamento. Brasília: DF, jul/2008.

COPELAND, L. Structural characterization of wheat starch granules differing in amylase content and functional characteristics. **Carbohydrate Polymers**, v.75, p. 705-711, 2009.

COPELAND, L.; BLAZEJ, J.; SALMAN, H.; TANG, M. C. Form and functionality of starch. **Food Hydrocolloids**, v. 23, p. 1527-1534, 2009.

COSTA, M. das G. da; SOUZA, E. L. de; STAMFORD, T. L. M.; ANDRADE, S. A. C. Qualidade tecnológica de grãos e farinhas de trigo nacionais e importados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 220-225, 2008.

CUQ, B.; ABECASSIS, J.; GUIBERT, S. State diagrams to help describe wheat bread processing. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 38, p. 759-766, 2003.

CURTIS, B. C.; RAJARAM, S.; MACPHERSON, H. G. Bread Wheat – Improvement and Production. **FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations – Plant Production and Protection Series**, Roma, n. 30, 2002.

da SILVA, L. P.; CIOCCA, S.M. L. Total, insoluble and soluble dietary fibre values measured by enzymatic-gravimetric method in cereal grains. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 18, n. 1, p. 113-120, 2005.

DENG, Z. Y.; TIAN, J. C.; SUN, G. X. Influence of high molecular weight glutenin subunit substitution on rheological behaviour and bread-baking quality of near-isogenic lines developed from Chinese wheats. **Plant Breeding**, v.124, p.428-431, 2005.

DEWETTINCK, K.; VAN BOCKSTAELE, F.; KÜHNE, B.; VAN DE WALLE, D.; COURTENS, T. M. GELLYNCK, X. Nutritional value of bread: Influence of processing, food interaction and consumer perception - Review. **Journal of Cereal Science**, v. 48, n. 2, p. 243-257, 2008.

DEXTER, J. E.; PRESTON, K. R.; MARTIN, D. G.; GANDER, E. J. The effects of protein content and starch damage on the physical dough properties and bread-making quality of Canadian durum wheat. **Journal of Cereal Science**, v. 20, n. 2, p. 139-151, 1994.

DOBRAZCZYK, B. J. Development of a new dough inflation system to evaluate doughs. **Cereal Foods World**, v. 42, p. 516-519, 1997.

DOBRAZCZYK, B. J.; MORGENSTERN, M. P. Review – Rheology and the breadmaking process. **Journal of Cereal Science**, v. 38, p. 229-245, 2003.

DOBRAZCZYK, B. J. Fracture mechanics of vitreous and mealy wheat endosperm. **Journal of Cereal Science**, v. 19, p. 273-282, 1994.

EL-DASH, A. A. Standardized mixing and fermentation procedure for experimental baking test. **Cereal Chemistry**, v. 55, n. 4, p. 436-446, 1978.

EL-KHAYAT, G. H.; SAMAAAN, J.; MANTHEY, F. A.; FULLER, M. P.; BRENNAN, C. S. Durum wheat quality I: some physical and chemical characteristics of Syrian durum wheat genotypes. **International Journal of Food Science and Technology**, v.41, supplement 2, p. 22-29, 2006.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **V Plano Diretor da Embrapa – 2008 – 2011 - 2023**. Disponível em <<http://www.cnpt.embrapa.br>> Acessado em 01 de dezembro de 2009.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultura de Trigo**. Disponível em <<http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/trigo/index.htm>> Acessado em 10 de agosto de 2008a.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Documento nº84 – Cultivares de trigo Embrapa indicadas para cultivo no Brasil 2008/2009**. 2008b.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Comunicado Técnico nº152 - Cultivar de trigo BRS Timbaúva testada e indicada para as regiões de adaptação 4 e 5 do estado de SC**. 2005.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Comunicado Técnico nº151 – Cultivar de trigo BRS Louro testada e indicada para as regiões de adaptação 4 e 5 do estado de SC**. 2005.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Comunicado Técnico nº85 - Uso de marcadores proteicos na seleção de trigo (*Triticum aestivum* L. em Thell.) com qualidade tecnológica superior na Embrapa Trigo**. 2002

FALCÃO-RODRIGUES, M. M.; MOLDÃO-MARTINS, M.; BEIRÃO-DA-COSTA, M. L. Thermal properties of gluten proteins of two soft wheat varieties. **Food Chemistry**, v. 93, p. 459-465, 2005.

FAO. Food and Agriculture Organization of de United Nation. **Produção de Trigo**. Disponível em <www.fao.org> Acessado em 10 agosto de 2008.

FARINÓGRAFO. **Avaliação das características físico químicas da massa**. Disponível em <http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lia/de_l_aj/capitulo7.pdf> Acessado em 22 de outubro de 2008.

FARONI, L. R. D.; BERBERT, P. A.; MARTINAZZO, A. P.; COELHO, E. M. Qualidade da farinha obtida de grãos de trigo fumigados com dióxido de carbono e fosfina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, p. 354-357, 2002.

FINNEY, K. F. Na optimized straight-dough breadmaking procedure after 44 years. **Cereal Chemistry**, v. 61, p. 20-27, 1984.

- GANGADHARAPPA, G. H.; RAMAKRISHNA, R.; PRABHASANKA, P. Chemical and scanning electron microscopic studies of wheat whole-meal and its streams from roller flour mill. **Journal of Food Engineering**, v. 85, n. 3, p. 366-371, 2008.
- GEORGET, D. M. R.; UNDERWOOD-TOSCANO, C.; POWERS, S. J.; SHEWRY, P. R.; BELTON, P. S. Effect of Variety and Environmental Factors on Gluten Proteins: An Analytical, Spectroscopic, and Rheological Study. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 4, p. 1172-1179, 2008.
- GIANNOU, V.; TZIA, C. Frozen dough bread: Quality and textural behavior during prolonged storage – Prediction of final product characteristics. **Journal of Food Engineering**, v. 79, p. 929-934, 2007.
- GIBSON, T. S.; SOLAH, V. A.; McCLEARY, B. V. A procedure to measure amylase in cereal starches and flours with concanavalin. **A Journal of Cereal Science**, v. 25, p. 111-119, 1997.
- GILANI, G. S.; COCKELL, K. A.; SEPEHR, E. Effects of antinutritional factor on protein digestibility and amino acid availability in foods. **Journal of AOAC International**, v. 88, p. 967-987, 2005.
- GILBERT, G. A.; SPRAGG, S. P. Iodine Sorption: Blue Value. In Whistler, R. L. et al., **Methods in Carbohydrate Chemistry**. London: Academic Press, p. 168-169, 1964.
- GOESAERT, H.; BRIJS, K.; VERAVERBEKE, W. S.; COURTIN, C. M.; GEBRUERS, K.; DELCOUR, J. A. Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality. **Trends in Food Science & Technology**, v. 16, n. 1, p. 12-30, 2005.
- GRAS, P. W.; CARPENTER, H. C.; ANDERSSSEN, R. S. Modelling the developmental rheology of wheat flour dough using extension test. **Journal of Cereal Science**, v. 31, n. 1, p. 1-13, 2000.
- GRAYBOSCH, R.; PETERSON, C. J.; MOORE, K. J.; STERARNS, M.; GRANT, D. L. Comparative effects of wheat flour protein, lipid, and pentosan composition in relation to baking and milling quality. **Cereal Chemistry**, v. 70, p. 95-101, 1993.
- GREFFEUILLE, V.; ABECASSIS, J.; BAROUH, H.; VILLENEUVE, P.; MABILLE, F.; BAR LHELGOUAC, C.; LULLIEN-PELLERIN, V. Analysis of the milling reduction of bread wheat farina: physical and biochemical characterization. **Journal of Cereal Science**, v. 45, n. 1, p. 97-105, 2007.
- GUPTA, R. B.; BATEY, I. L.; MACRITCHIE, F. Relationships Between Protein Composition and Functional Properties of Wheat Flours. **Cereal Chemistry**, v. 69, n. 2, p. 125-131, 1992.
- GUPTA, R. B.; SINGH, N. K.; SHEPHERD, K. W. The cumulative effect of allelic variation in LMW and HMW glutenin subunits on dough properties in the progeny of two Bread wheats. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 77, p. 57-64, 1989.

GUTKOSKI, L. C.; KLEIN, B.; PAGNUSSATT, A.; PEDÓ, I. Características tecnológicas de genótipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) cultivados no cerrado. **Ciência Agrotecnológica**, v. 31, n. 3, p. 786-792, 2007.

GUTKOSKI, L. C.; NODARI, M. L.; NETO, R. J. Avaliação de farinhas de trigos cultivados no Rio Grande do Sul na produção de biscoitos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 91-97, 2003.

HADDAD, Y.; BENET, J. C.; DELENNE, J. Y.; MERMET, A.; ABECASSIS, J. Rheological Behaviour of Wheat Endosperm—Proposal for Classification Based on the Rheological Characteristics of Endosperm Test Samples. **Journal of Cereal Science**, v. 34, n.1, p. 105-113, 2001.

HADIYANTO; ASSELMAN, A.; STRATEN G. VAN; BOOM, R. M.; ESVELD, D. C.; BOXTEL, A. J. B. VAN. Quality prediction of bakery products in the initial phase of process design. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 8, p. 285-298, 2007.

HAMER, R. J.; HOSENEY, R.C. **Interactions: The Keys to Cereal Quality**. American Association of Cereal Chemists, Inc: St. Paul, Minnesota, USA, 2006.

HENRY, R. J. A comparison of the non-starch carbohydrates in cereal grains. **Journal of the Science of Food Agriculture**, v. 36, p. 1243-1253, 1985.

HOSENEY, R. C. **Principios de ciencia y tecnologia de los cereales**. Zaragoza: Acribia, 1991. 321p.

HRUSKOVA, M.; SVEC, I.; JIRSA, O. Correlation between milling and baking parameters of wheat varieties. **Journal of Food Engineering**, v. 77, p. 439-444, 2006.

HUNG, P. V.; MAEDA, T.; MORITA, N. Waxy and high-amylose wheat starches and flours – characteristics, functionality and application. **Food Science and Technology**, v. 17, n. 8, p. 448-456, 2006.

JANSSEN, A. M.; VAN VLIET, T.; VEREIJKENS, J. M. Fundamental and Empirical Rheological Behaviour of Wheat Flour Doughs and Comparison with Bread Making Performance. **Journal of the Cereal Science**, v. 23, p. 43-54, 1996.

JIANG, Y. Z.; WANG, T. Phytosterols in cereal by-products. **Journal of the American Oil Chemists Society**, v. 82, p. 439-444, 2005.

KALÁB, M.; ALLAN-WOJTAS, P.; MILLER, S. S. Microscopy and other imaging techniques in food structure analysis. **Trends in Food Science and Technology**, v. 6, p. 177-186, 1995.

KIEFFER, R.; WIESER, H.; HENDERSON, M. H.; GRAVELAND, A. Correlations of the Breadmaking Performance of Wheat Flour with Rheological Measurements on a Micro-scale. **Journal of Cereal Science**, v. 27, p. 53-60, 1998.

KIHLBERG, I.; OSTROM, A.; JOHANSSON, L.; RISVIK, E. Sensory qualities of plain white pan bread: Influence of farming system, year of harvest and baking technique. **Journal of Cereal Science**, v. 43, p.15-30, 2006.

KOKELAAR, J. J.; VLIET, T. van.; PRINS, A. Strain Hardening Properties and Extensibility of Flour and Gluten Doughs in Relation to Breadmaking Performance. **Journal of Cereal Science**, v. 24, p. 199-214, 1996.

KRBI, B.; URII-MLADENOVI, N.; CVEJANOV, J. Principal Component Analysis of Trace Elements in Serbian Wheat. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 2171-2175, 2005.

KUAKPETOON, D.; FLORES, R. A.; MILLIKEN, G. A. Dry mixing of wheat flours: Effect of particle properties and blending ratio. **Lebensmittel Wissenschaft und Technology**, v. 34, n. 3, p. 183-193, 2001.

KULKARNI, R. G.; PONTE, J. G.; JR.; KULP, K. Significance of Gluten Content as an Index of Flour Quality. **Cereal Chemistry**, v. 64, n. 1, p. 1-3, 1987.

LÉON, A. E. **De tales harinas, tales panes:** granos, harinas y productos de panificación em Iberoamérica. Córdoba: Hugo Báez, 2007, 473p.

LI, W.; BETA, T.; SUN, S.; CORKE. Protein characteristics of Chinese black-grained wheat. **Food Chemistry**, v.98, p. 463-472, 2006.

LIMBERGER, V. M.; SILVA, L. P.; EMANUELLI, T.; COMARELA, C. G.; PATIAS, L. D. Modificação Química e Física do Amido de Quirera de Arroz para Aproveitamento na Indústria de Alimentos. **Química Nova**, v.31, n. 1, p. 84-88, 2008.

LOPEZ, H. W.; OUVRY, A.; BERVAS, E; GUY, C.; MESSENGER, A.; DEMIGNE, C.; REMESY, C. Strains of lactic acid bacteria isolated from sour doughs degrade phytic acid and improve calcium and magnesium solubility from whole wheat flour. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p. 2281-2285, 2000.

LORINI, I. MIP Sementes com Terra Diatomáceas (2003). Disponível em <<http://www.agronline.com.br/artigos/artigo.php?id=136>> Acessado em 11 de junho de 2009.

LYONS, G.; ORTIZ-MONASTERIO, I.; STANGOULIS, J.; GRAHAM, R. Selenium concentration in wheat grain: is there sufficient genotypic variation to use in breeding? **Plant and Soil**, v. 269, p. 369-380, 2005.

MAGAN, N.; LACEY, J. Ecological determinants of mould growth in stored grain. **International Journal of Food Microbiology**, v. 7, n. 3, p. 245-256, 1988.

MAGNUS, E. M.; BRATHEN, E.; SAHLSTROM, S.; VOGT, G.; FAERGESTAD, E. M. Effects of Flour Composition, Physical Dough Properties and Baking Process on Hearth Loaf Properties Studied by Multivariate Statistical Methods. **Journal of Cereal Science**, v. 32, p. 199-212, 2000.

MANN, G.; DIFFEY, S.; CULLIS, B.; AZANZA, F.; MARTIN, D.; KELLY, A.; MCINTYRE, L.; SCHMIDT, A.; MA, W.; NATH, Z.; KUTTY, I.; LEYNE, P. E.; RAMPLING, L.; QUAIL, K. J.; MORREL, M. K. Genetic control of wheat quality: interactions between chromosomal regions determining protein content and composition, dough rheology, and sponge and dough baking properties. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 118, p. 1519-1537, 2009.

MANNERS, D. J. Recent developments in our understanding of amylopectin structure. **Carbohydrate Polymers**, v. 11, n. 2, p. 87-112, 1989.

MARCONI, E.; CARCEA, M. Pasta from nontraditional raw materials. **Cereal Foods World**, v. 46, p. 552-529, 2001.

MARQUART, L.; SLAVIN, J. L.; FULCHER, G. **Whole-grain foods in health and disease**. American Association of Cereal Chemists, Inc: St. Paul, Minnesota, USA, 2002. Chapter 3, p. 49.

MESTRES, C. Los estados físicos del almidón. In: **Conferencia Internacional de Almidón**. Quito, 1996. p. 1-2.

MINIHANE, A. M.; RIMBACH, G. Iron absorption and the iron binding and anti-oxidant properties of phytic acid. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 37, p. 741-748, 2002.

MIRANDA, M. Z. de; DE MORI, C.; LORINI, I. Qualidade do trigo brasileiro – safra 2003. **Embrapa Trigo - Documento 45**, 2004, p. 106.

MIRANDA, M. Z. de; DE MORI, C.; LORINI, I. Qualidade do trigo brasileiro – safra 2005. **Embrapa Trigo - Documento 80**, 2008, p. 102.

MOECKE, E. H. S.; DE FRANCISCO, A. **Curso de Microscopia – Introdução à Microscopia de Alimentos: Isolamento e Detecção de Substâncias Estranhas e Identificação de Microestruturas Vegetais**. Florianópolis, 1995. 57 p.

MONTENEGRO, F. M.; ORMENESE, R. C. S. C. **Avaliação da Qualidade Tecnológica da Farinha de Trigo**. Campinas: Cereal Chocotec ITAL, 2008. 62 p.

MORITA, N.; MAEDA, T.; MIYAZAKI, M.; YAMAMORI, M.; MJURA, H.; OHTSUKA, I. Dough and baking properties of highamylose and waxy wheat flours. **Cereal Chemistry**, v. 79, p. 491-495, 2002.

MOUSIA, Z.; EDHERLY, S.; PANDIELLA, S. S.; WEBB, C. Effect of wheat pearling on flour quality. **Food Research International**, v. 37, p. 449-459, 2004.

MUNCK, L. (with assistance of DE FRANCISCO, A.) **Fluorescence Analysis in Foods**. Essex, UK., London, 1989. 289p.

NAEGA – The North American Export Grain Association. **Wheat Flour Testing Book**. Wheat and Flour Testing Methods: A Guide to Understanding Wheat and Flour Quality:

Version 2 (2008). Disponível em <www.wheatflourbook.org> Acessado em 17 de outubro de 2008.

NEWPORT SCIENTIFIC Method ST-00, 1998. Revision 3, Developed by A. E. Staley Manufacturing Co., Decatur, IL 62525, USA, 1998.

NOUREDDINE, B.; KIM, Y. M.; STRELKOV, S. E. Influence of water activity and temperature on growth and mycotoxin production by isolates of *Pyrenophora tritici-repentis* from wheat. **International Journal of Food Microbiology**, v. 31, p. 251-255, 2009.

OLIVER, J. R.; BLAKENEY, A. B.; ALLEN, H. M. The Colour of Flour Streams as Related to Ach and Pigments Contents. **Journal of Cereal Science**, v. 17, p. 169-182, 1993.

ORTOLAN, F. Genótipos de trigo do Paraná – Safra 2004: Caracterização e fatores relacionados à alteração da cor de farinha. **Dissertação de Mestrado**, 2006.

PACIN, A. M.; BOVIER, E. C.; GONZÁLEZ, H. H. L.; WHITECHURCHIL, E. M.; MATÍNEZ, E. J.; RESNIK, S. L. Fungal and Fumonisin Contamination in Argentine Maize (*Zea mays* L.) Silo Bags. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 57, p. 2778-2781, 2009.

PANDEY, A.; SZAKACS, G.; SOCCOL, C. R.; RODRIGUES-LEON, J. A.; SOCCOL, V. T. Production, purification and properties of microbial phytases. **Bioresource Technology**, v. 77, p. 203-214, 2001.

PAYNE, P. I.; HOLT, L. M.; JACKSON, E. A.; LAW, C. N. Wheat storage proteins: their genetics and their potential for manipulation by plant breeding. **Philosophical transaction of the Royal Society of London Series B, Biological sciences**, v.304, p. 359-371, 1984.

PAYNE, P. I.; LAWRENCE, G. J. Catalogue of alleles for the complex gene loci, Glu-A1, Glu-B1, and Glu-D1 which code for high-molecular-weight subunits of glutenin in hexaploid wheat. **Cereal Research Communications**, v. 11, n. 1, p. 29-35, 1983.

PAYNE, P. I.; NIGHTINGALE, M. A.; KRATTIGER, A. F.; HOLT, L. M. The relationship between HMW glutenin subunit composition and the bread-making quality of British-grown wheat varieties. **Journal of the Science of Food Agriculture**, v. 40, n. 1, p. 51-65, 1987.

PEÑA, E.; BERNARDO, A.; SOLER, C.; JOUVE, N. Relationship between common wheat (*Triticum aestivum* L.) gluten proteins and dough rheological properties. **Euphytica**, v.143, p.143-169, 2005.

PEREZ, C. M.; JULIANO, B. O. Modification of the simplified amylase test for milled rice. **Starch/Stärke**, v.30, p.424-426, 1978.

PERESSINI, D.; SENSIDONI, A. Effect of soluble dietary fibre addition on rheological and breadmaking properties of wheat doughs. **Journal of Cereal Science**, Article in press, p. 1-12, 2008.

PIERRE, C. S.; PETERSON, C. J.; ROSS, A. S.; OHM, J. B.; VERHOEVEN, M. C.; LARSON, M.; HOEFER, B. Winter wheat genotypes under different levels of nitrogen and water stress: Changes in grain protein composition. **Journal of Cereal Science**, v. 47, p. 407-416, 2008.

POPPER, L; SCHÄFER, W. & FREUND, W. **Future of flour**: A compendium of flour improvement. Kansas City: Agrimedia, 2006.

PRANDINI, A.; SIGOLO, S.; FILIPPI, L.; BATTILANI, P.; PIVA, G. Review of predictive models for *Fusarium* head blight and related mycotoxin contamination in wheat. **Food and Chemical Toxicology**, v. 47, n. 5, p. 927-931, 2009.

PRUSKA-KEDZIOR, A.; KEDZIOR, Z.; KLOCKIEWICZ- KAMINSKA, E. Comparison of viscoelastic properties of gluten from spelt and common wheat. **European Food Research Technology**, v. 277, p. 199-207, 2008.

QUAGLIA, G. **Ciencia y tecnologia de La panificación**. Zaragoza: Acribia, 1991.

RAL, J. -P.; CABANAGH, C. R.; LARROQUE, O.; REGINA, A.; MORELL, M. K. Structural and Molecular Basis of Starch Viscosity in Hexaploid Wheat. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 56, p. 4188-4197, 2008.

REIS, P.; HOLMBERG, K.; WATZKE, H.; LESER, M. E.; MILLER, R. Lipases at interfaces: A review. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 147, p. 237-250, 2009.

RODER, N.; GERARD, C.; VEREL, A.; BOGRACHEVA, T. Y.; HEDLEY, C. L.; ELLIS, P. R.; BUTTERWORTH, P. J. Factors affecting the action of α -amylase on wheat starch: Effects of water availability. An enzymic and structural study. **Food Chemistry**, v. 113, p. 471-478, 2009.

ROGERS, W. J.; SAYERS, E. J.; RU, K. L. Deficiency of individual high molecular weight glutenin subunits affords flexibility in breeding strategies for bread-making quality in wheat *Triticum aestivum* L. **Euphytica**, v. 117, p. 99-109, 2001.

ROJAS, J. A.; ROSELL, C. M.; BENEDITO DE BARBER, C. The baking process of wheat rolls followed by cryo scanning electron microscopy. **European Food and Research Technology**, v. 212, p. 57-63, 2000.

RUILBAL-MENDIETA, N. L.; ROZENBERG, R.; DELACROIX, D. L.; PETITJEAN, G.; DEKEYSER, A.; BACCELLI, C.; MARQUES, C.; DELZENNE, N. M.; MEURENS, M.; HABIB-JIWAN, J. L.; QUETIN-LECLERCQ, J. Spelt (*Triticum spelta* L.) and winter wheat (*Triticum aestivum* L.) wholemeals have similar sterol profiles, as determined by quantitative liquid chromatography and mass spectrometry analysis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 24, p. 4802-4807, 2004.

SAMAAN, J.; EL-KHAYAT, G. H.; MANTHEY, F. A.; FULLER, M. P.; BRENNAN, C. S. Durum wheat quality: II. The relationship of kernel physicochemical composition to

semolina quality and end product utilisation. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 41, n. 2, p. 47-55, 2006.

SANTOS, L. S. Perfil proteico e qualidade da panificação em linhagens de trigo desenvolvidas para região do cerrado brasileiro. Viçosa. MG, 2008.

SARKO, A. H.; WU, H. C. H. Crystal structures of A-polymorphs, B-polymorphs and C-polymorphs of amylase and starch. **Starch/Stärke**, v. 30, n. 3, p. 73-78, 1978.

SCHÜNEMANN, C.; TREU, G. **Technologie der Backwaren-herstellung – Fachkundliches Lehrbuch für Bäcker**. Germany: GmbH & Co. KG, 1989. p.24-25.

SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos proteicos**. São Paulo: Varela, 1996. p. 184-193.

SHEWRY, P. R.; GILBERT, S.; TATHAM, A. S.; BELTON, P. S. The high molecular weight subunits of wheat glutenin and their role in determining the functional properties of wheat gluten and dough. **Biopolymer Science: Food and Non Food Applications**, p. 13-18, 1998.

SHEWRY, P. R.; TATHAM, A. S. Biotechnonology of Wheat Quality. **Journal of the Science and Food Agriculture**, v. 73, n. 4, p. 397-406, 1997a.

SHEWRY, P. R.; TATHAM, A. S. Disulphide Bonds in Wheat Gluten Proteins. **Journal Cereal Science**, v. 25, n. 3, p. 207-227, 1997b.

SINGH, N. K. SHEPHERD, K. W.; CORNISH, G. B. A Simplified SDS-PAGE Procedure for Separating LMW Subunits of Glutenin. **Journal of Cereal Science**, v. 14, p. 203-208, 1991.

SOUTHAN, M.; MACRITCHIE, F. Molecular weight distribution of wheat proteins. **Cereal Chemistry**, v. 76, p. 827-836, 1999.

SLAVIN, J. L.; JACOBS, D.; MARQUART, L. Grain processing and nutrition. **Critical Review in Biotechnology**, v. 21, p. 49-66, 2001.

SLIWINSKI, E. L.; KOLSTER, P.; PRINS, A.; VLIET, T. van. On the relationship between gluten protein composition of wheat flours and large-deformation properties of their doughs. **Journal of Cereal Science**, v. 39, p. 247-264, 2004.

SONG, Y.; ZHENG, Q. Dynamic rheological properties of wheat flour dough and proteins. **Food Science & Technology**, v. 18, p. 132-138, 2007.

STASIO, M. D.; VACCA, P.; PICIOCCHI, N.; MECCARIELLO, C.; VOLPE, M. G. Particle size distribution and starch damage in some soft wheat cultivars. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 42, p. 246-250, 2007.

STENVERT, W. L.; KINGSWOOD, K. The influence of the physical structure of the protein matrix on wheat hardness. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 28, p. 11-19, 1977.

STOJCESKA, V.; BUTLESR, F.; GALLAGHER, E.; KEEHAN, D. A comparison rheological measurements of wheat dough to predict baking behaviour. **Journal of the Food Engineering**, v. 83, p. 475-482, 2007.

SUDHA, M. L.; VETRIMANI, R.; LEELAVATHI, K. Influence of fibre from different cereals on the rheological characteristics of wheat flour dough and on biscuit quality. **Food Chemistry**, v. 100, p. 1365-1370, 2007.

TESTER, R. F.; KARKALAS, J.; QI, X. Starch-composition, fine structure and architecture. **Journal of Cereal Science**, v. 39, p. 151-165, 2004.

TESTER, R. F.; MORRISSON, W. R. Swelling and Gelatinization of Cereal Starches. Effects of Amylopectin, Amylose, and Lipids. **Cereal Chemistry**, v. 67, n. 6, p. 551-557, 1990.

THOMAS, D. J.; ATWELL, W. A. Starches. Eagen Press Handbook Series. **American Association of Cereal Chemists**. St. Paul, 1999.

THORVALDSON, K.; JENESTED, H. A model for simultaneous heat, water and vapor diffusion. **Journal of Food Engineering**, v. 40, p. 167-172, 1999.

TORRES, G. A. M. Proteínas de reserva do trigo: o pão ou o biscoito nosso de cada dia (2008). Disponível em www.agrolink.com.br/cereaisdeinverno/NoticiaDetalhe.aspx?codNoticia=62613 Acessado em 18 de janeiro de 2008.

TROCCOLI, A.; BORRELI, G. M.; VITA, P. D.; FARES, C.; DI FONZO, N. Durum Wheat Quality: A Multidisciplinary Concept. **Journal of Food Science**, v. 32, p. 99-113, 2000.

USDA – UNITED STATES DEPARTAMENTO O AGRICULTURE. World and U.S. wheat production, exports and ending stocks (2008). Disponível em www.ers.usda.gov/Data/Wheat/YBtable04.asp Acessado em 26 de abril de 2009.

VITOLO, M. R.; CAMPAGNOLO, P. D. B; GAMA, C. M. Fatores associados ao risco de consume insuficiente de fibra alimentar entre adolescentes. **Jornal de Pediatria**, v. 83, n.1, p. 47-52, 2007.

VAN DER BORGHT, A.; GOESAERT, H.; VERAVERBEKE, W. S.; DELCOUR, J. A. Fractionation of wheat and wheat flour into starch and gluten: overview of the main processes and the factors involved. **Journal of Cereal Science**, v. 41, p. 221-237, 2005.

VERMEYLEN, R.; VEERLE, D.; DELCOUR, J. A.; GODERIS, B.; REYNAERS, H.; KOCH, M. H. J. A. Gelatinization of starch in excess water: beyond the melting of lamellar crystallites. A combined wide-and small-angle X-ray scattering study. **Biomacromolecules**, v.7. p.2624-2630, 2006.

WANG, J.; ZHAO, M.; ZHAO, Q. Correlation of glutenin macropolymer with viscoelastic properties during dough mixing. **Journal of Cereal Science**, v. 45, p. 128-133, 2007.

WICKRAMASINGHE, H. A. M.; MIURA, H.; YAMAUCHI, H.; NODA, T. Comparison of the starch properties of Japanese wheat varieties with those of popular commercial wheat classes from the USA, Canada and Australia. **Food Chemistry**, v. 93, p. 9-15, 2005.

WONG, D. W. S. **Química de los alimentos – Mecanismos y Teoría**. Zaragoza: Acribia, 1995. p.102-108.

WRIGLEY, C.W. **Identification of Food-Grain Varieties**. American Association of Cereal Chemists, Inc: St. Paul, Minnesota, USA, 2005. Chapter 3, p. 50.

XU, S. S.; FARIS, J. D.; CAI, X.; KLINDWORTH, D. L. Molecular cytogenetic characterization and seed storage protein analysis of 1A/1D translocation lines of durum wheat. **Chromosome Research**, v.13, p.559-568, 2005.

XU, W.; XU, J.; LIU, C. L.; CHANG, C.; WANG, C. P.; YOU, M. S. LI, B. Y.; LIU, G. T. PCR-based markers for identification of HMW-GS at *Glu-B1* x loci in common wheat. **Journal of Cereal Science**, v.47, p.394-398, 2008.

YU, L.; ZHOU, K. Antioxidant properties of bran extracts from 'Platte' wheat grown at different locations. **Food Chemistry**, v. 90, n. 1-2, p. 311-316, 2004.

ZAIDUL, I. S. M.; YAMAUCHI, H.; KIM, S.; HASHIMOTO, N.; NODA, T. RVA study of mixtures of wheat flour and potato starches with different phosphorus contents. **Food Chemistry**, v. 102, p. 1105-1111, 2007.

ZANONI, B.; SCHIRALDI, A.; SIMONETTA, R. A naïve model of starch gelatinization kinetics. **Journal of Food Engineering**, v. 24, n.1, p. 25-33, 1995.

ZGHAL, M. C.; SCANLON, M. G.; SAPIRSTEIN, H. D. Effects of flour strength, baking absorption, and processing conditions on the structure and mechanical properties of bread crumb. **Cereal Chemistry**, v. 78, n. 1, p. 1-7, 2001.

ZHANG, J.; DATTA, A. K. Mathematical modeling of bread baking process. **Journal of Food Engineering**, v. 75, n. 1, p. 78-89, 2006.

ZHU, J.; KHAN, K. Quantitative variation of HMW glutenin subunits from hard red spring wheats grown in different environments. **Cereal Chemistry**, v. 79, p. 783-786, 2002.

ZOUNIS, S.; QUAIL, K. J. Predicting Test Bakery Requirements from Laboratory Mixing Tests. **Journal of Cereal Science**, v. 25, p. 185-196, 1997.

APÊNDICES

Apêndice 1

Especificação e quantidade percentual dos ingredientes utilizados no teste de panificação, tendo como referência a farinha de trigo.

Utilizado na elaboração	Ingrediente	Especificação
1,75 %	Sal	Refinado extra iodado marca Cisne, tradicional Fab.: maio 2008 Val.: maio 2010, lote 20708-3 Fabricante: Refinaria Nacional de Sal S. A
5,0 %	Açúcar refinado	Especial União Val.: 17/07/10, lote 5071 Fabricante: Nova América S. A.
3,0 %	Fermento biológico fresco	Fleischmann Fabricante: AB Brasil Indústria e Comércio Ltda
3,0 %	Gordura vegetal hidrogenada	De Palma 370B Agropalma Fab. 14/05/09 Val.: maio /10, lote 09E141 Fabricante: Cia Refinadora da Amazônia
90 ppm	Ácido L - ascórbico	Vitamina C Northeast General Pharmaceutical Factory lote 9035587 Fab: 30/03/09, val.: 29/03/11.

Apêndice 2

Matriz de correlação dos autovetores da ACP, entre caracterização física das cultivares, físico química das farinhas, glúten, número de queda e volume específico.

Variáveis	Fator 1	Fator 2
PH	-0,224212	0,208378
PMG	0,290767	0,108559
ID	0,300861	0,036170
Ug	-0,240532	0,138960
Awg	-0,254771	0,207831
EXTr	0,293940	0,122469
Awf	0,186432	-0,126691
L*	-0,288081	0,031672
a*	-0,176531	0,236273
b*	0,315184	0,027437
Uf	0,258806	-0,199028
amido	0,219283	0,226211
PB	0,121522	0,305142
FAT	0,032094	0,337088
Lp	-0,309815	0,089692
Cinzas	-0,137000	0,270736
Aa	-0,096952	0,121701
NQ	0,071053	0,334916
GU	-0,124656	-0,307456
GS	-0,132993	-0,315624
IG	0,154780	0,303904

Apêndice 3

Matriz de correlação dos autovetores da ACP, entre caracterização química das farinhas, farinografia e volume específico.

Variáveis	Fator 1	Fator 2
amido	0,335198	0,152352
PB	0,348398	-0,024224
FAT	0,284108	-0,283619
Lp	-0,091478	-0,426411
Cinzas	0,120767	-0,474503
Aa	-0,018810	-0,419110
ABS	0,081424	0,462216
TD	0,330389	-0,009748
TC	0,282232	0,293931
TS	0,348239	-0,049655
EST	0,346017	-0,077510
ITM	-0,323195	0,004740
VE	0,348343	-0,067071

Apêndice 4

Matriz de correlação dos autovetores da ACP, entre caracterização química das farinhas, extensografia e volume específico.

Variáveis	Fator 1	Fator 2
amido	-0,202419	-0,316058
PB	-0,236903	-0,125085
FAT	-0,226037	0,151942
Lp	-0,002262	0,526887
Cinzas	-0,143976	0,433269
Aa	-0,038518	0,403813
R45	-0,244224	-0,021320
Rm45	-0,244167	-0,033805
E45	-0,097145	-0,005745
D45	-0,242768	-0,009949
A45	-0,243395	-0,040793
R90	-0,243551	-0,043223
Rm90	-0,243760	-0,044594
E90	0,182330	-0,257857
D90	-0,241087	-0,037525
A90	-0,240013	-0,048218
R135	-0,242337	-0,040244
Rm135	-0,243808	-0,040652
E135	0,165367	-0,374953
D135	-0,238543	-0,027613
A135	-0,232869	-0,055380
VE	-0,241576	-0,088396

Apêndice 5

Matriz de correlação dos autovetores da ACP, entre caracterização química das farinhas, ARV e volume específico.

Variáveis	Fator 1	Fator 2
amido	-0,058985	0,466328
PB	0,066666	0,442770
FAT	0,231264	0,370685
Lp	0,288226	-0,236430
cinzas	0,341235	0,121305
Aa	0,276738	0,004666
V _{máx}	0,209409	-0,216354
V _{mín}	0,353004	-0,027611
Vf	0,347337	-0,073995
tARV	0,342431	-0,121575
Bd	-0,190642	-0,181558
Sb	0,335120	0,155681
TARV	0,313934	-0,221064
VE	0,094464	0,452276

Apêndice 6

Matriz de correlação dos autovetores da ACP, entre caracterização química das farinhas e panificação experimental.

Variáveis	Fator 1	Fator 2
amido	-0,265395	-0,226218
PB	-0,272839	-0,033623
FAT	-0,255430	0,284381
Lp	0,089813	0,480366
cinzas	-0,126649	0,524713
Aa	-0,044783	0,502492
VE	-0,282401	0,019366
CorC	-0,285767	-0,123193
Q	-0,277839	0,123528
Sim	-0,289445	0,093611
CM	-0,244586	0,062502
CorM	-0,261112	-0,209795
CelM	-0,254935	0,041001
TexM	-0,292344	-0,012710
Ar	-0,290073	-0,038232
G	-0,280680	-0,132098

ANEXOS

Anexo 1

Correção do peso da amostra, com base 14% de umidade

Umidade (%)	Peso da amostra (g)	Umidade (%)	Peso da amostra (g)	Umidade (%)	Peso da amostra (g)
8,0	6,54	11,4	6,80	14,8	7,07
8,2	6,56	11,6	6,81	15,0	7,08
8,4	6,57	11,8	6,83	15,2	7,10
8,6	6,59	12,0	6,84	15,4	7,12
8,8	6,60	12,2	6,86	15,6	7,13
9,0	6,62	12,4	6,87	15,8	7,15
9,2	6,63	12,6	6,89	16,0	7,17
9,4	6,64	12,8	6,90	16,2	7,18
9,6	6,66	13,0	6,92	16,4	7,20
9,8	6,67	13,2	6,94	16,6	7,22
10,0	6,69	13,4	6,95	16,8	7,24
10,2	6,70	13,6	6,97	17,0	7,25
10,4	6,72	13,8	6,98	17,2	7,27
10,6	6,73	14,0	7,00	17,4	7,29
10,8	6,75	14,2	7,02	17,6	7,31
11,0	6,76	14,4	7,03	17,8	7,32
11,2	6,78	14,6	7,04		

Fonte: AACC 56-81B (2000).

Anexo 2

Tipificação do trigo, segundo a Instrução Normativa N°7, de 15 de agosto de 2001.

Tipos	Peso hectolitro (kg/hL)	Umidade (%máx.)	Matérias estranhas e impurezas (%máx.)	Grão danificado por insetos (% máx.)	Grão danificado por calor; mofado e ardido (% máx.)	Grão danificadochocho com triguilho e quebrado (% máx.)
1	78	13	1,00	0,50	0,50	1,50
2	75	13	1,50	1,00	1,00	2,50
3	70	13	2,00	1,50	2,00	5,00

Fonte: Adaptado de Brasil (2001).

Anexo 3**Classificação de dureza do grão**

Categoria	Índice de Dureza
Extra duro	Acima 90
Muito duro	81-90
Duro	65-80
Semi duro	45-64
Semi mole	35-44
Mole	25-34
Muito mole	10-24
Extra mole	Abaixo 10

Fonte: Adaptado de AACC (2000).

Anexo 4

Cultivares de trigo Embrapa indicadas para cultivo no Brasil, 2008/2009.

	BRS Louro	BRS Timbaúva	BRS Guamirim	BRS Pardela
Área de adaptação	RS, SC, PR	RS, SC, PR, MS	RS, PR, SP	SC, PR, MS, SP
Produtividade média	4000 kg/ha	3000 kg/ha	4000 kg/ha	3800 kg/ha
Classe comercial	Trigo brando	Trigo brando	Trigo pão	Trigo melhorador
Força de glúten (W médio)	83	159	249	343
Peso de mil grãos (médio)	33	33	38	34
Tipo de grão	Grão semi mole	Grão duro	Não indicado	Grão duro

Fonte: Documento n° 84, Embrapa (2008b).

Anexo 5

Parâmetros farinográficos característicos de farinhas com diferentes forças.

Farinha	Absorção (%)	Desenvolvimento (min)	Estabilidade (min)	I.T.M. (UF)	Produtos indicados
Fraca	< 55	< 2,5	< 3	> 100	Bolos e biscoitos
Média	54-60	2,5 - 4,0	3 – 8	60 – 100	<i>Crackers</i> e Pizzas
Forte	> 58	4,0 – 8,0	8 – 15	15 – 50	Pães
Muito Forte	> 58	> 10,0	> 15	< 10	Massas

Fonte: Montenegro, Ormenese (2008).

Anexo 6

Extensogramas de farinhas com diferentes propriedades viscoelásticas, relacionadas com as características dos produtos correspondentes.

Avaliação da Qualidade Tecnológica da Farinha de Trigo

TABELA 7. Parâmetros extensográficos característicos de farinha forte e fraca, para 135min.

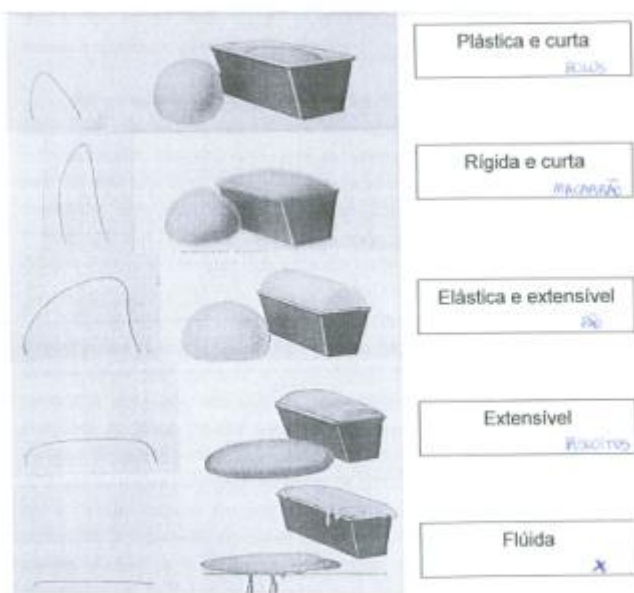


FIGURA 9 - Extensogramas de farinhas com diferentes propriedades viscoelásticas relacionadas com as características dos produtos correspondentes

Fonte: Montenegro, Ormenese (2008).

Anexo 7**Avaliação de α -amilase e desempenho da farinha de trigo em panificação**

Valor Número de Queda	Atividade da α -amilase	Performance em panificação
Inferior a 200 segundos	Alta	Pão pesado, com baixo volume e miolo úmido e pegajoso
Entre 200 e 300 segundos	Ótima	Pão com bom volume e miolo de boa textura
Superior a 300 segundos	Baixa	Pão com volume reduzido e miolo seco

Fonte: Montenegro, Ormenese (2008).

Anexo 8

Classificação da farinha de trigo quanto à qualidade, avaliada pelo índice de glúten

Índice de Glúten	Classificação da Farinha de Trigo
>90	Muito Boa
60-90	Boa
40-60	Média
<40	Fraca

Fonte: Montenegro, Ormenese (2008).